



TUGAS AKHIR – MO.141326

ANALISIS KERUNTUHAN BERBASIS RESIKO TERHADAP STRUKTUR CINTA-P PLATFORM

Raden Vidi Trysatria

NRP. 4312 100 105

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

Ir. Handayanu, M. Sc, Ph.D

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT – MO.141326

RISK BASED COLLAPSE ANALYSIS OF CINTA-P PLATFORM STRUCTURE

Raden Vidi Trysatria

NRP. 4312 100 105

Supervisors :

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

Ir. Handayanu, M. Sc, Ph.D

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

Analisis Keruntuhan Berbasis Resiko terhadap Struktur Cinta-P Platform

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Raden Vidi Trysatria

4312 100 105

Disetujui oleh:

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D (Pembimbing 1)

2. Ir. Handayanu, M. Sc, Ph.D (Pembimbing 2)

3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D (Penguji 1)

4. Agro Wisudawan, ST., MT. (Penguji 2)

Surabaya, Juli 2017

Analisis Keruntuhan Berbasis Resiko terhadap Struktur Cinta-P Platform

Nama Mahasiswa : Raden Vidi Trysatria
NRP : 4312100105
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D
Ir. Handayanu, M. Sc, Ph.D

ABSTRAK

Struktur Cinta-P Platform merupakan struktur bangunan lepas pantai yang memiliki enam kaki. Bangunan Struktur Cinta-P Platform merupakan *fixed platform* ini terkena beban lingkungan berupa angin, arus dan laut. Proses perancangan struktur tersebut tentu harus memperhitungkan beban maksimal pada struktur bangunan lepas pantai akibat beban lingkungan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis *pushover* untuk mengetahui kapasitas *ultimate* struktur Cinta-P Platform Akibat beban lingkungan. Dalam analisis *pushover* ini struktur Cinta-P Platform memiliki RSR (*Reserved Strength Ratio*) minimum sebesar 1,110. Maka kapasitas beban maksimal struktur ini memiliki pembebanan terbesar arah 0 derajat sebesar 4378,35 Kips. Resiko Struktur Cinta-P Platform akibat beban lingkungan menurut DNV RP G-101 berada pada level *medium risk* untuk aspek *human safety* serta level *high risk* untuk aspek *business* dan *environment*.

Kata kunci- Struktur Cinta-P Platform, *pushover*, RSR (*Reserve Strength Ratio*), resiko

Risk Based Collapse Analysis Of Cinta-P Platform Structure

Nama of Student : Raden Vidi Trysatria
NRP : 4312100105
Department : Ocean Engineering-ITS
Supervisor : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D
Ir. Handayanu, M. Sc, Ph.D

ABSTRACT

Structure Cinta-P Platform is an offshore structure has six legged. This structure offshore is a fixed platform. This structure is exposed to environmental load in the form of wind, currents and sea. In the process of design structure offshore must be calculated maximum load capacity structure. In this final project, pushover analysis used for find ultimate capacity of Structure Cinta-P Platform due effect of environmental load. Result of analysis, structure Cinta-P Platform has a minimum RSR (Reserved Strength Ratio) 1.110. while the maximum load capacity in the direction 0 degree of 4378.35 kips. Result of risk analysis, Structure Cinta-P Platform due to environmental load according to DNV RPG-101 is medium risk level for human safety aspect, high risk level for business and environment aspect.

Keyword – Structure Cinta-P Platform, pushover, RSR (Reserve Strength Ratio), Risk analysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, Rabb yang Maha Kuasa yang telah memberikan begitu banyak nikmat sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.

Tugas akhir dengan judul “**Analisis Keruntuhan Berbasis Resiko terhadap Struktur Cinta-P Platform**” disusun guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Dalam pengerjaan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas maksimal dari beban lingkungan yang berupa gelombang dan arus.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan. Kritik dan saran sangatlah diharapkan kedepannya. Harapan penulis, semoga hasil dari tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri maupun pihak-pihak lain.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, tugas akhir ini telah selesai dikerjakan oleh penulis dengan bantuan serta dorongan moral maupun material dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan pada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua, yang selalu memberikan kasih sayang dan semangat kepada penulis selama ini.
3. Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah menyempatkan waktunya untuk medidik dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Handyanu, M. Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, waktu dan tenganya untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Keluarga besar Teknik Kelautan 2012 (Varuna L30), terima kasih telah mengisi masa-masa perkuliahan ini dalam suka maupun duka.
6. Waode Nurul Roisyah Aminy Budiman yang telah membantu mengerjakan dalam penulisan ini dalam suka maupun duka.
7. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Sekali lagi penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan oleh pihak-pihak yang sudah penulis sebutkan di atas, dan semoga mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah S.W.T.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Gambaran umum Struktur	6
2.2.2 Teori Pembebanan.....	8
2.2.3 Teori Gelombang	8
2.2.4 Konsep Metode Elemen Hingga	10
2.2.5 Analisis DFEM	13
2.2.6 Analisis SFEM.....	17
2.2.7 Analisis Nonlinear.....	17
2.2.8 Batas Tegangan Ultimate (Ultimate Limit State).....	18
2.2.9 Cadangan Kekuatan (Reserve Strength).....	22
2.2.10 Keandalan Pada Sistem Rekayasa.....	23
2.2.11 Safety Margin (Margin Keamanan)	24
2.2.12 Indeks Keandalan.....	26

2.2.13 Sistem Seri	27
2.2.14 Sistem Paralel Aktif	27
2.2.15 Simulasi Monte Carlo.....	28
2.2.16 Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)	31
2.2.17 Penilaian Resiko (Risk Asessment)	32
2.2.18 Matriks Resiko	33
2.2.19 Structure Analysis Computer Sistem Collapse.....	35
BAB 3	41
METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Metodologi Penelitian	41
3.2 Prosedur Penelitian	43
3.3 Data Struktur dan Data Lingkungan	44
3.3.1 Data struktur	44
3.3.2 Data Lingkungan.....	44
BAB 4	49
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Analisis Permodelan Struktur	49
4.2 Analisis statis In-Place	50
4.2.1 Pembebanan Pada Struktur.....	51
4.2.2 Validasi model	53
4.3 Member Stress	54
4.4 Pile Stress dan Pile Axial Capacity.....	55
4.5 Analisis Pushover.....	56
4.6 Analisis Keandalan	56
4.7 Matrix Resiko	64
BAB 5	69
KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model 3D Cinta-P Platform	1
Gambar 2.1 Fulmar Jacket Platform	7
Gambar 2.2 Grafik penentuan Tapp	9
Gambar 2.3 Grafik region of validity untuk menentukan teori gelombang.....	9
Gambar 2.4 Node matriks kekakuan sederhana	10
Gambar 2.5 Cara pengumpulan massa pada struktur	11
Gambar 2.6 Pembebanan aksial pada batang tubular	12
Gambar 2.7 Pembebanan momen kopel pada batang tubular	12
Gambar 2.8 Prosedur iterasi dalam analisis non-linier	17
Gambar 2.9 diagram tegangan-reganagn untuk struktur baja	17
Gambar 2.10 Pertimbangan desain struktur berdasarkan Ultimate Limit State	19
Gambar 2.11 Grafik yang menunjuk hubungan antara nominal stress (σ) dan strain (ϵ)	20
Gambar 2.12 Grafik stress-strain dan offset yield stress for heat-treated higher tensile steels.....	20
Gambar 2.13 Fungsi kerapatan peluang (f _k p) dari kapasitas x dan tuntutan y	21
Gambar 2.14 fungsi kerapatan peluang untuk batas margin	23
Gambar 2.15 Fungsi distribusi komulatif dan fungsi kerapatan peluang pada angka keamanan $Z = X/Y$	23
Gambar 2.16 Representasi grafis sebuah sistem seri dengan n-komponen	25
Gambar 2.17 RDB untuk sistem paralel aktif dengan n-komponen.....	27
Gambar 2.18 Hubungan Bilang Acak Distribusi Uniform Dengan Perubah Acak X Pada Fungsi Distribusi Komulatif $F_X(X)$	28
Gambar 2.19 Algoritma tipikal untuk Simulasi Monte Carlo	29
Gambar 2.20 Matriks Resiko ISO 2000.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	40
Gambar 4.1 arah beban Struktur Cinta-P Platform.....	47
Gambar 4.2 hasil permodelan struktur Cinta-P Platform.....	48
Gambar 4.3 RBD rangkaian sistem arah 180	59
Gambar 4.4 RBD rangkaian sistem arah 180 derajat yang sudah dikelompokan ...	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Probabilities of Failure	32
Tabel 2.2 Kategori Consequences of Failure	32
Tabel 3.1 Water Depth yang digunakan dalam In-Place Analysis	42
Tabel 3.2 Kecepatan Angin dalam analisis In-Place	42
Tabel 3.3 Kecepatan Arus	42
Tabel 3.4 Kriteria Tinggi dan Periode Gelombang	43
Tabel 3.5 koefisien Hidrodinamika yang Digunakan dalam analisis	43
Tabel 4.1 Pembebanan Pada Struktur	49
Tabel 4.2 Deskripsi Beban Kombinasi Operasi	50
Tabel 4.3 Deskripsi Beban Kombinasi Badai	51
Tabel 4.4 Perbandingan beban Struktur.....	52
Tabel 4.5 Unity Check Member pada Kondisi Operasi dan Badai	52
Tabel 4.6 Hasil Analisis Pondasi	53
Tabel 4.7 RSR dan SR	54
Tabel 4.8 Penentuan Log Normal Variabel pada member 101L-201L	55
Tabel 4.9 Simulasi Monte Carlo pada member 101L-201L	55
Tabel 4.10 Hasil Simulasi Monte Carlo arah pembebanan 56 derajat.....	56
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Monte Carlo arah pembebanan 180 derajat.....	58
Tabel 4.12 Hasil Keandalan sistem rangkaian seri pada arah pembebanan 180 derajat.....	60
Tabel 4.13 Hasil PoF sistem Struktur Cinta-P Platform	60
Tabel 4.14 Peluang Kegagalan Menurut DNV RP G-101	61
Tabel 4.15 Konsekuensi Kegagalan Menurut DNV P G-101	62
Tabel 4.16 Diskripsi Konsekuensi Kegagalan Aspek Human Safety.....	62
Tabel 4.17 Diskripsi konsekuensi kegagalan aspek environment	63
Tabel 4.18 Diskripsi konsekuensi kegagalan aspek business	63
Tabel 4.19 Matriks Resiko Human Safety Struktur Cinta-P Platform	64
Tabel 4.20 Matriks Resiko Environment Struktur Cinta-P Platform	64
Tabel 4.21 Matriks Resiko Business Struktur Cinta-P Platform.....	65

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas lepas pantai dimulai pada tahun 1947. Industri ini dimulai dengan adanya anjungan pertama yang berhasil dilakukan oleh Kerr-McGee di *Gulf of Mexico* (GoM) atau Teluk Meksiko *water off Louisiana* di 15 ft (4.6 m) (Burleson, 1991). Sejak instalasi pertama platform yang didirikan lebih dari 50 tahun lalu di *Gulf of Mexico*, teknologi industri *offshore* telah berinovasi di bidang stuktur salah satunya adalah *fixed* dan *floating*. Pada tahun 1975, kedalaman air laut pada *fixed* stuktur ditambahkan mencapai 475 ft (144 m). Selama tiga tahun kedalaman air laut pada *fixed* stuktur bertambah dua kali lipat dengan instalasi COGNAC *platform* yang dibuat dengan tiga stuktur terpisah di 1025 ft (312 m). COGNAC *platform* mendapatkan *world record* untuk *fixed* stuktur dari 1978 sampai 1991.

Pada proses perancangan *fixed platform*, salah satu pertimbangannya adalah umur operasional yang sudah melewati *fatigue life*. Hal ini dapat dilakukan jika stuktur tersebut memang masih layak dan memenuhi kriteria *standard/codes* yang digunakan. Terdapat suatu analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui layak atau tidaknya operasi yang dilakukan, salah satunya dengan analisis *pushover*.

Analisis *pushover* atau analisis *ultimate strength* merupakan analisis untuk mengetahui besarnya kapasitas suatu stuktur dalam menerima beban maksimal. Analisis *pushover* dapat didefinisikan sebagai metode yang dipakai dalam menganalisis keruntuhan stuktur dan merupakan analisis *nonlinear* dengan pembebanan *incremental* untuk menentukan pembebanan yang menyebabkan stuktur runtuh. Analisis tersebut merupakan salah satu cara untuk mengetahui besarnya kapasitas stuktur dalam menahan beban maksimal. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi penambahan beban secara bertahap sampai stuktur tersebut runtuh. Dari hasil tersebut akan diketahui *Reserve Strength Ratio* (RSR) atau rasio kekuatan cadangan stuktur (Robayasa, 2012).

Analisis *pushover* dapat dilanjutkan dengan analisis resiko. Hal ini terjadi akibat kekuatan *member* yang ditentukan dapat diketahui RSR-nya. Sehingga beban lingkungan yang terjadi mengakibatkan beban *incremental*. Hal tersebut dapat ditentukan PoF (*Probability of Failure*) dan dapat juga ditentukan konsekuensi resikonya.

Kemudian diperlukan juga analisis resiko dari struktur, Hal tersebut dikarenakan umur operasi yang sudah melebihi batasnya dan akibat beban gelombang yang diterima. Oleh karena itu, analisis resiko diperlukan untuk menentukan peluang kegagalan dari struktur serta konsekuensi. Apabila terjadi kegagalan dapat dipastikan struktur tersebut aman saat beroperasi, ditinjau dari konsekuensi matriksnya. Selain itu analisis resiko juga bertujuan untuk mengetahui *level* resiko yang dihasilkan akibat beban yang diterima oleh struktur (DNV RP G101, 2010).

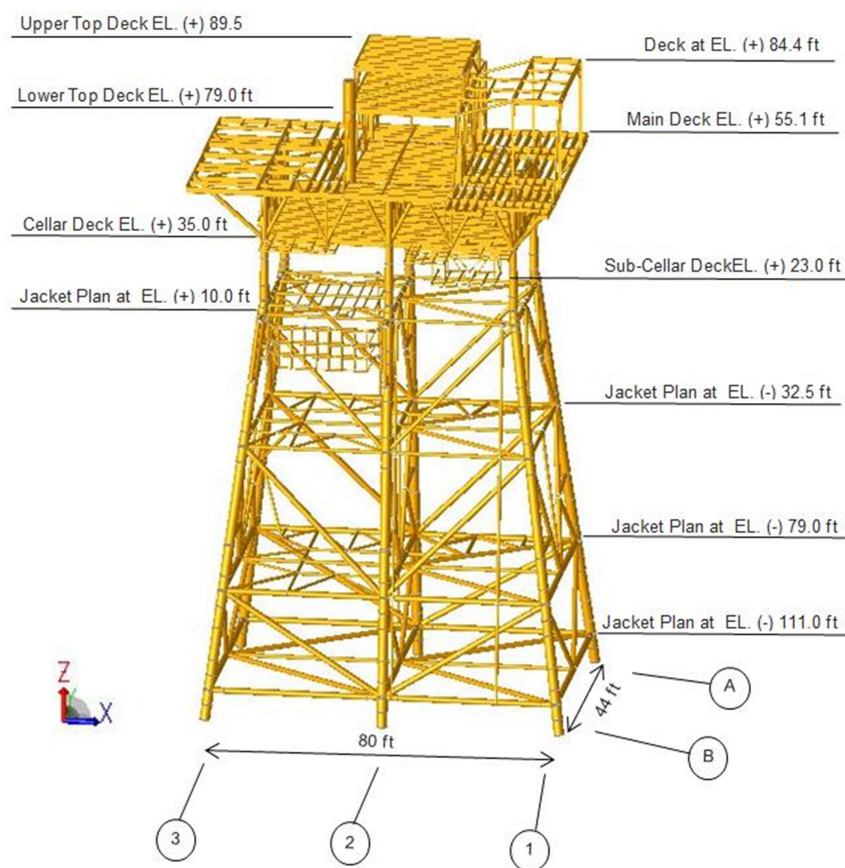
Struktur *jacket* Cinta-P *Platform* adalah salah satu jenis bangunan lepas pantai yang berupa *fixed jacket platform* yang terdiri dari enam kaki dan struktur ini dimiliki oleh CNOOC SES LTD (*China National Offshore Oil Corporation South East Sumatra Limited*) yang beroperasi di bagian barat Laut Jawa. Koordinat dari platform ini sebagai berikut; *Latitude*: 05 ° 27' 02,51" *South* dan *Longitude*: 106 ° 15' 19,25" *East*.

Platform ini pertama kali dipasang pada tahun 1974. *Platform* ini didesain oleh PT. Synergi Engineering atas permintaan CNOOC SES LTD yang kemudian di *requalification* oleh PT. Marindotech untuk didokumen review tahun 2014. Pada analisis ini *platform* terdiri dari enam kaki dan dilengkapi oleh enam *deck elevasi* yang terdiri atas *Upper Top deck* mempunyai elevasi (+) 89'-6" di atas MSL, *Top deck* mempunyai elevasi (+) 84'-5" di atas MSL, *Lower Top deck* mempunyai elevasi (+) 79'-0" di atas MSL, *Main deck* mempunyai elevasi (+) 55'-2" di atas MSL, *Cellar Deck* yang mempunyai elevasi (+) 35'-0" di atas MSL, *Sub-Cellar deck* mempunyai elevasi (+) 23'-0" di atas MSL. *Working point* pada analisis ini berlokasi di elevasi (+) 15'-00" di atas MSL dan kedalaman *still water depth* pada analisis ini adalah 111.00 ft.

Selain struktur utama yang terdiri dari *jacket* dan *deck*, *platform* ini juga memiliki *jacket leg* berdiameter antara 39.31'-41.5' dan dipancang dengan

kedalaman 202 ft., dibawah *mudline*. Serta platform ini mempunyai *pile* dengan diameter 36' selain itu platform ini memiliki enam *riser* dan satu *boat landing*.

PT. Marindotech telah melakukan analisis *in-place*, *fatigue* dan *seismic*. Analisis tersebut telah dilakukan untuk *requalification* struktur Cinta-P platform. Hal ini dilakukan tiap lima tahun sekali. Analisis *pushover* belum dilakukan pada PT. Marindotech, seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa analisis *pushover* digunakan untuk menganalisis resiko selain analisis *fatigue*. Analisis *pushover* ini penting untuk mengetahui kekuatan struktur tersebut, kemudian dapat mengidentifikasi *hazard* dari *member* yang dapat *buckling* dari keenam *jacket* tersebut.



Gambar 1.1 Model 3D Cinta-P Platform (PT. Marindotech, 2014)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar *RSR* (*Reserve Strength Ratio*) dari struktur *jacket* Cinta-P Platform?
2. Berapa besar *PoF* (*Probability of Failure*)?
3. Bagaimana matriks resiko struktur *jacket* Cinta-P Platform?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui besar *RSR* (*Reserve Strength Ratio*) dari stuktur *jacket* Cinta-P Platform dengan metode *non-linear pushover* analisis menggunakan SACS 5.6
2. Mengetahui *PoF* (*Probability of Failure*)
3. Mengetahui matriks resiko struktur *jacket* Cinta-P Platform

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapat dari analisis ini adalah mengetahui nilai *RSR* (*Reserve Strenth Ratio*) dan *PoF* (*Probability of Failure*) struktur *jacket* Cinta-P Platform menggunakan analisis keandalan simulasi monte carlo. Kemudian, seteah melakukan analisis resiko, maka akan diketahui matriks resiko struktur *jacket* Cinta-P Platform.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dipakai untuk mempermudah analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Permodelan struktur *jacket* Cinta-P Platform menggunakan *software* SACS 5.6.
2. Moda kegagalan dalam analisis hanya satu macam moda kegagalan, yaitu disebabkan oleh beban *ultimate combine stress* akibat beban lingkungan yang ditambahkan.
3. Analisis struktur menggunakan *codes* API RP-2A LRFD.
4. Struktur yang dianalisis adalah struktur bagian *jacket*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Analisis keruntuhan akibat penambahan beban gelombang ekstrim pada bangunan *fixed jacket* telah dilakukan antara lain oleh Potty (2013) mengenai *Ultimate Strength Assesment For Fixed Steel Offshore Platform*, penelitian ini melakukan perbandingan analisis tiap struktur dari tipe variasi *brace* antara lain *single diagonal*, *inv. K*, *K*, *X* dan *diamond*. Hasil penambahan beban secara bertahap struktur tersebut dibandingkan hasil variasi *brace*. Terdapat juga analisis mengenai keruntuhan akibat beban gelombang *Reliability Analysis of Tubular Joints of Offshore Platforms in Malaysia* oleh Cossa (2011). Analisis ini semi kuantitatif dari analisis keruntuhan tetapi mengenai bagian *joint tubular* dengan membandingkan hasil API RP 2A LRFD dan ISO 19902. Terdapat juga jurnal *Reliability Based Assessment of Existing Fixed Offshore Platforms Located in the Persian Gulf* oleh Fayazi (2015). Salah satu analisis keruntuhan akibat gelombang di perairan Teluk Persia dengan menentukan *probability of failure* dari tiap tahap gelombang.

Tugas akhir mengenai *Analisis pushover/ultimate* seperti Analisis Kekuatan *Ultimate* Struktur *Jacket Well Tripod Platform* berbasis Resiko, analisis ini menggunakan beban lateral *Ultimate Strength* Struktur *Jacket Leg* berbasis keandalan. Analisis ini dilakukan karena terdapat *member* yang gagal sehingga diperlukan analisis *ultimate strength member* dengan cara mengetahui beban *member* yang hampir runtuh (Hastanto, 2005). Lalu terdapat analisis kekuatan *ultimate* pada konstruksi *jacket platform* akibat *slamming* gelombang. Analisis ini menjelaskan akibat dari beban *slamming* gelombang untuk bagian *top deck* oleh tubrukan dari gelombang pecah (Hardiansyah, 2012).

Menurut Bolt (1995), *Reserved strength* tidak boleh semata-mata dianggap sebagai *overdesign* struktur, melainkan diperlukan untuk mengatasi beban yang belum diramalkan dalam proses desain atau beban yang tidak dapat dirancang ekonomis untuk secara elastis (misalnya, beban gempa atau disengaja). Resiko ini tidak dapat diabaikan sementara pendekatan desain elastis tradisional mungkin

menghalangi solusi struktural untuk semua beban yang ada. Analisis ini penting, untuk menunjukkan bahwa kejadian ekstrim dapat dipertahankan tanpa membahayakan kehidupan manusia atau lingkungan.

Menurut ISSC (2006), kekuatan *ultimate* dari *member* dan sistem struktur adalah ukuran sebenarnya dalam penilaian kekuatan. Kekuatan *ultimate* adalah kapasitas maksimal yang dapat dimiliki struktur. Tidak ada penambahan beban yang dapat dibawa melebihi kekuatan *ultimate*. Dibawah kombinasi beban umum, *buckling* dan *yielding* yang mendominasi kekuatan *ultimate* ketika tegangan tarik titik awal.

Menurut Nelson (2003), metodologi semi-kuantitatif adalah untuk menilai keandalan struktur instalasi yang bertentangan dengan prediksi keandalan struktur kuantitatif. Metodologi ini digunakan oleh *assessment* di *North Sea*. Pendekatan ini mempertimbangkan usia struktur, konfigurasi struktur dan fungsi untuk menghasilkan indeks resiko relatif. Indeks ini bersifat semi-kualitatif dan memberikan indikasi kinerja struktur kaitannya dengan instalasi *steel jacket fixed* lainnya. Pada umumnya yang digunakan untuk prosedur analisis keandalan yaitu mengambil analisis struktur seperti tegangan dan defleksi yang terjadi akibat efek dari diinput dalam proses analisis keandalan. Variasi beban yang sudah diketahui jenis distribusinya, akan diambil nilai dari parameter-parameter jenis distribusi tersebut yang kemudian dijadikan sebagai input ada analisis struktur.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gambaran umum Struktur

Struktur *jacket* merupakan bentuk struktur terpancang (*Fixed Structure*) yang terdiri atas komponen utama yaitu:

1. *Topside*/geladak yang berfungsi sebagai penunjang seluruh kegiatan, tempat fasilitas dan tempat bekerja para personel.
2. *Template/Jacket* yang berfungsi sebagai penerus beban baik beban vertikal dari geladak maupun beban lateral dari angin, gelombang, arus dan *boat impact* ke pondasi.
3. Pondasi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari *jacket* ke tanah.

Selain itu juga ada subkomponen dari masing-masing komponen utama dari *jacket* yaitu:

1. Subkomponen dari struktur geladak antara lain : *skid beam*, plat geladak, *deck beam*, kaki geladak, *longitudinal trusses* dan *wind girders*.
2. Subkomponen dari *jacket* antara lain : *legs*, *horizontal* dan *vertical bracing*, *launch runner*, *launch trusses* dan detail element (*boat landing*, *barge bumpers* dan *walkways*)
3. Sub komponen dari pondasi antara lain : *skirt pile sleeves*, *skirt pile bracing*, *piles*.

Beberapa *sistem jacket* yang ada di dunia, mempunyai perbedaan utama mengenai jumlah kaki, konfigurasi *sistem bracing* serta fungsinya. Jumlah kaki pada setiap *jacket* bervariasi dari satu (*monopod*) hingga delapan kaki dengan membentuk konfigurasi tertentu. Demikian juga dengan sistem konfigurasi *bracing*-nya dari yang sederhana sampai yang kompleks (McClelland, 1986). Contoh konfigurasi anjungan terpancang terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 *Fulmar Jacket Platform* (Chakrabati, 2005)

2.2.2 Teori Pembebanan

Dalam suatu proses pembebanan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan.

Menurut Soedjono (1999), beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut,

1. Beban mati

Beban mati adalah beban dari komponen-komponen kering serta beban-beban peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu struktur, meliputi berat struktur, berat peralatan dari permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain.

3. Beban akibat kecelakaan

Beban kecelakaan merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai, misalnya tabrakan dengan kapal pemandu operasi, putusnya tali tambat, kebakaran, letusan.

4. Beban lingkungan

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan biasanya digunakan dalam perancangan adalah beban gelombang, arus dan angin.

2.2.3 Teori Gelombang

Gelombang laut terbentuk karena permukaan laut terkena hambusan angin terus-menerus dimulai dari riak-riak air yang kemudian membesar membentuk gelombang. Besarnya gelombang tergantung dari intensitas, jangka waktu, dan jarak angin berhembus (*fetch length*).

Dalam perencanaan desain gelombang suatu struktur anjungan lepas pantai perlu ditentukan teori gelombang yang sesuai. Tahap untuk menentukan teori gelombang adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data karakteristik gelombang yang berupa :

d = kedalaman air, ft

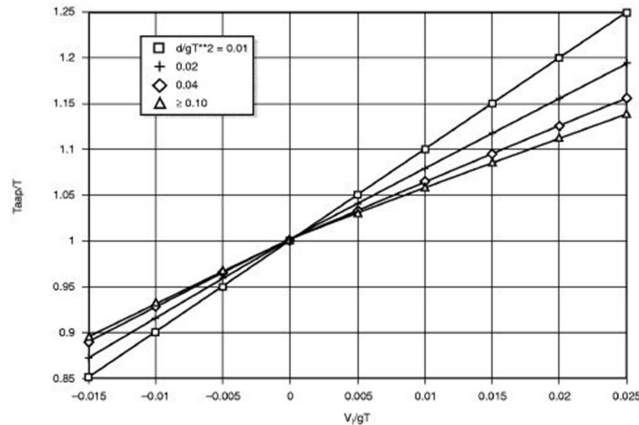
g = Gaya grafitasi, ft/s^2

T = Periode maksimum gelombang, s

V = Kecepatan arus permukaan laut, ft/s

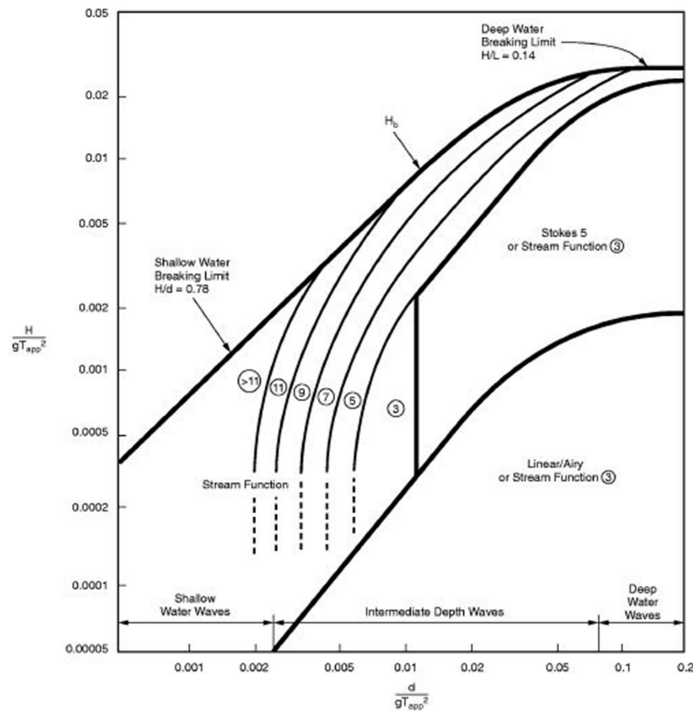
H = Tinggi gelombang maksimum, ft

2. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka ada syarat yang harus dipenuhi agar grafik penentuan *apparent wave period* bisa digunakan. Syaratnya adalah kedalaman relatif (d/gT^2) harus lebih besar dari 0,01.
3. Hitung V/gT , kemudian plot grafik *apparent wave period*, sehingga didapati nilai T_{app}/T . dengan memasukkan nilai T maka didapatkan nilai T_{app} .



Gambar 2.2 Grafik penentuan T_{app} (API RP 2A-LRFD, 1997)

4. Hitung dan plot nilai $\left[\frac{d}{g \cdot T_{app}^2} \right]$ dan $\left[\frac{H}{g \cdot T_{app}^2} \right]$ pada grafik validasi teori gelombang, sehingga akan diketahui teori gelombang yang akan dipakai.



Gambar 2.3 Grafik *region of validity* untuk menentukan teori gelombang (API RP 2A-LRFD, 1997)

2.2.4 Konsep Metode Elemen Hingga

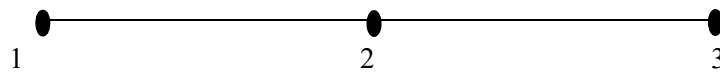
Perpindaan setiap struktur tertentu dalam bentuk jumlah terhitung dari koordinat perpindahan distrik yang menggabungkan beberapa ciri dari kedua prosedur, massa tergroupal dan koordinat tergeneralisasi, kini menjadi populer, pendekatan ini, yang merupakan dasar metode elemen terhitung analisis kontinum struktur, memberikan idealisasi sistem yang baik dan dapat diandalkan dan terutama efektif dalam analisis *computer digital*.

Langkah pertama dalam idealisasi *finite* elemen dari setiap struktur, meliputi pembagiannya menjadi jumlah bagian yang tepat, atau elemen-elemen. Ukurannya sembarang, bisa semuanya berukuran sama atau semua berbeda. Pada ujung-ujung bagian dimana mereka saling dihubungkan, disebut titik-titik simpul ini kemudian menjadi koordinat tergeneralisasi dari struktur. Lendutan struktur selengkapnya dapat dinyatakan dengan koordinat tergeneralisasi ini dengan menggunakan kumpulan yang sesuai dari fungsi perpindahan yang diasumsikan.

1. Matrik kekakuan

Kekakuan (*stiffness*) pada dasar merupakan kemampuan perubahan bentuk suatu elemen. Gaya luar yang bekerja ini diubah dari bentuk *uniform* ke bentuk diskrit pada nodul *force* dan disebut sebagai *equivalent* nodal *force*.

Penyusunan matrik kekakuan secara keseluruhan dalam satu struktur dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Node matriks kekakuan sederhana (Hastanto, 2000)

Masing – masing titik simpul mempunyai kekakuan $\frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ maka matriks kekakuan dari struktur dibentuk dengan menjumlahkan suku-suku matriks kekakuan masing-masing simpul yang berorientasi pada titik simpul yang sama. Akan lebih mudah dipahami sebagai berikut:

$$\text{Elemen 1 } K^* \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

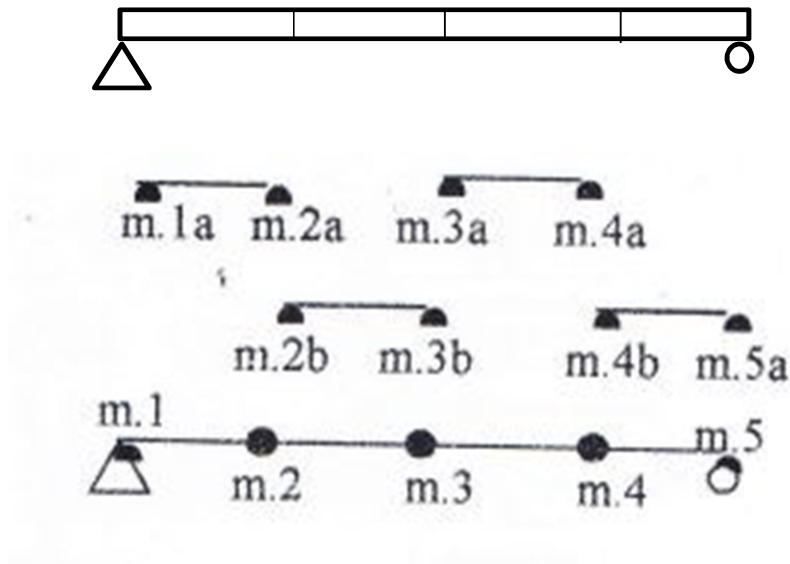
$$\text{Elemen 2 } K^* \begin{pmatrix} X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Terlihat bahwa ada suku kekakuan yang berorientasi pada titik yang sama yaitu ke titik dua, suku matrik yang berorientasi ke titik dua harus dijumlahkan sehingga matriks kekakuan struktur secara menyeluruh adalah:

$$\frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

2. Matriks Massa

Cara yang paling sederhana menentukan sifat massa setiap struktur adalah mengasumsikan bahwa seluruh massa terpusat pada titik ditempat terjadinya perpindahan. Cara pengumpulan massa pada struktur dapat ditunjukan secara skematis dalam gambar berikut.



Gambar 2.5 Cara pengumpulan massa pada struktur (Popov, 1993)

Massa masing-masing segmen dianggap terpusat pada satu titik di masing-masing simpulnya. Massa total yang terpusat pada setiap simpul dari suatu struktur merupakan jumlah kontribusi simpul dari semua segmen yang terpasang pada simpul tersebut. Terdapat dua segmen yang berkontribusi terhadap masing – masing simpul misalnya pada simpul dua : $m_2 = m_{2a} + m_{2b}$

Untuk sistem dengan derajat kebebasan translasi matriks massa tergroupal mempunyai bentuk diagonal.

$$(M) = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Suku m_{ij} di luar diagonal matriks ini hilang karena percepatan setiap massa hanya menimbulkan gaya inersia pada titik tersebut. Gaya inersia pada i disebabkan oleh percepatan titik i , jelas sama dengan massa yang terpusat pada titik tersebut, dengan demikian koefisien pengaruh massa pada sistem tergroupal pada titik tersebut adalah $m_{ij} = m_i$.

Jika setiap titik simpul mempunyai lebih dari satu derajat kebebasan translasi maka massa titik tersebut akan terkait dengan masing-masing

derajat kebebasan. Sebaliknya massa yang terkait dengan setiap derajat rotasi. Akan tetapi jika massa yang kaku mempunyai inersia rotasi yang dikaitkan dengan derajat kebebasan rotasi, maka koefisien massa diagonal untuk derajat kebebasan rotasi tidak sama dengan nol tetapi berharga inersia rotasi massa tersebut.

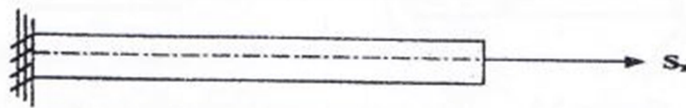
2.2.5 Analisis DFEM

2.2.5.1 Tegangan Normal

Gambar merupakan gambar batang tubular yang mengalami pembebanan aksial sebesar S_x . Batang tersebut mempunyai luas penampang A , maka tegangan yang terjadi pada batang tersebut sesuai dengan persamaan berikut ini:

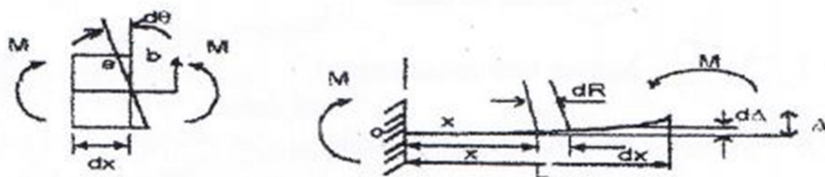
$$F = \frac{S_x}{A} \quad (2.5)$$

Dengan, A = luas penampang lintang



Gambar 2.6 Pembebanan aksial pada batang tubular (Popov, 1993)

Selain akibat beban aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel lebih besar pada setiap ujungnya. Tegangan yang diakibatkan dengan adanya momen disebut sebagai bending stress atau tegangan lentur.



Gambar 2.7 Pembebanan momen kopel pada batang tubular (Popov, 1993)

Dengan :

y = jarak dari sumbu netral kesembarang titik A pada penampang, ft.

I_z = Momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z , kgft^2 .

2.2.5.2 Tegangan Geser

Batang penampang juga dapat mengalami tegangan geser walau besarnya tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti pada kaki struktur *jacket* adalah momen puntiran aksial. Pada gambar tampak batang mengalami pembebanan puntiran T pada kedua ujungnya.

Tegangan maksimum yang terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{T.R}{J} \quad (2.6)$$

Dengan :

J = momen inersia kutub, lbft² (kgm²)

T = momen torsi terkonsentrasi, lbft² (kgm²)

R = jari jari penampang batang, ft (m)

Nilai k:

$$J = \frac{\pi}{2}(R_0^4 - R_1^4) \text{ untuk } circular \text{ ring, lbft}^2 \text{ (kgm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

$$J = \frac{\pi}{2}(R^4) \text{ untuk } round \text{ bar, lbft}^2 \text{ (kgm}^2\text{)} \quad (2.8)$$

Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan mempunyai arah yang dengan momen puntir.

2.2.5.3 Kriteria Tegangan Izin

1. Tegangan Tarik Aksial

Tegangan tarik izin Ft menurut API (2000), untuk *member* silinder ditentukan dari

$$F_t = 0.6F_y$$

Dengan F_y adalah kekuatan *yield* (Mpa)

2. Tegangan Tekan Aksial

a. Column Buckling

Tegangan izin tekan aksial, F_a harus ditentukan dari formula AISC untuk *member* dengan perbandingan D/t kurang atau sama dengan 60:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{C_0^2}\right] F_y}{5/3 + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)}{8C_c^3}} \quad \text{untuk } KL/r < C_c \quad (2.9)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \text{ untuk } KL/r \geq C_c \quad (2.10)$$

$$C_c = \left[\frac{12\pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Dengan:

C_c = Modulus Elastisitas, Ksi (Mpa)

E = Faktor Panjang Efektif

L = Panjang tanpa *bracing*, in (m)

R = jari-jari girasi, in (m)

b. Lokal Bukling

Tegangan elastis *local buckling*

$$F = 2CEt/D \quad (2.12)$$

Tegangan tidak elastis *local buckling*

$$F_M = F_y \times (1.64 - 0.23(D/t)^{1/2}) \leq F \quad (2.13)$$

$$F_M = F_0 \text{ untuk } (D/t) \leq 60 \quad (2.14)$$

3. Tegangan Tekuk

Tegangan izin bending F_b menurut API (2002), dinyatakan:

$$F_b = 0.75 F_y \text{ untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad (2.15)$$

$$F_b = \left[0.84 - 1.74 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \text{ untuk } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (2.16)$$

$$F_b = \left[0.72 - 0.85 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (2.17)$$

4. Tegangan Geser

a. *Shear beam*

Tegangan geser maksimum *beam*, f_r , untuk silinder *member* adalah :

$$f_r = \frac{V}{0.5A} \quad (2.18)$$

Untuk tegangan geser *beam* yangizinkan :

$$F_V = 0.4F_y \quad (2.19)$$

b. *Torsional Shear*

Tegangan geser maksimum torsional F_{vt} , untuk silinder *member* yang disebabkan oleh torsi adalah :

$$f_{vt} = \frac{M_t (D/t)}{I_p} \quad (2.20)$$

Tegangan geser torsional izin:

$$F_{vt} = 0.4F_y \quad (2.21)$$

5. Tekanan Hidrostatik

Untuk *member platform* tubular perilaku tegangan membran, f_h , tidak harus melebihi tegangan buckling hoop kritis, F_{hc} , ditentukan dengan *safety* faktor yang tepat:

$$f_h \leq F_{hc} / SF_A \quad (2.22)$$

$$f_h = pD/2t \quad (2.23)$$

6. Kombinasi Tekan Aksial dan *Bending Member* Silinder

Pada API (2002) dapat dijelaskan bahwa *member* silinder ditujukan pada kombinasi antara kompresi dan regangan yang harus diproporsionalkan pada kedua persyaratan berikut :

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{cm \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{fa}{f_e}\right) Fb} \leq 1.0 \quad (2.24)$$

$$\frac{fa}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{Fb} \leq 1.0 \quad (2.25)$$

Dengan :

Fa = Tegangan aksial yang diizinkan, Pdl (N)

Fa = Tegangan aksial, Pdl (N)

Fb = Tegangan *bending* yang diizinkan, Pdl (N)

Fb = Tegangan *bending*, Pdl (N)

Cm = Faktor reduksi

2.2.6 Analisis SFEM

SFEM sangat efektif untuk analisis keandalan dari struktur tiga dimensi yang komponennya terdapat unsur nonlinier geometri. Tegangan yang diperoleh melalui pendekatan, digunakan dalam formula elemen hingga untuk menghitung respon struktur nonlinier. Properti dari material, geometri dan gaya luar dianggap sebagai variabel acak. Kriteria kegagalan struktur dinyatakan dalam fungsi batas *ultimate* dan *surviceability*. Tujuannya adalah untuk mengetahui mekanisme keruntuhan yang diawali dengan tidak stabilnya respon struktur yang akhirnya dapat diperoleh keandalan sistem struktur tersebut.

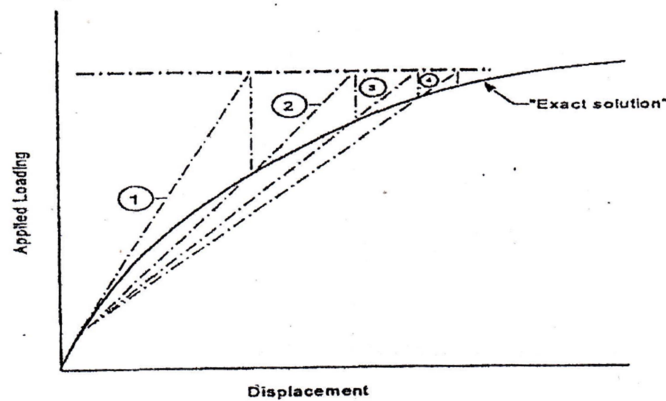
Penggunaan metode elemen hingga adalah untuk mengevaluasi keandalan struktur kompleks, dimana fungsi-fungsi kondisi batas tidak terdapat dalam bentuk seperti pada umumnya. Ini yang menyebabkan dilakukannya pengembangan SFEM. Karena SFEM didasarkan pada DFEM, efektifitas SFEM akan lebih dapat dibuktikan dari rekayasa FEM. Karena struktur nonlinier 3-D membutuhkan analisis secara berulang pada format SFEM, maka DFEM sangat penting untuk penyelesaian SFEM. Metode ini dapat disebut SFEM melalui pendekatan deterministik.

2.2.7 Analisis Nonlinear

Secara singkat analisis nonlinier dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Nonlinier geometri ditujukan untuk *space truss* dan *space frame*. Pada saat ini, nonlinier geometri untuk struktur *space frame* dibatasi untuk bentuk penampang *doubly-symmetric*. Besar regangan dan rotasi pada struktur *plane frame* juga harus kecil.
2. Nonlinier material digunakan pada struktur *plane truss* dan *space truss*. Nonlinier material dibatasi untuk *member* hanya kondisi tekan atau tarik saja,
3. Nonlinier geometri dikonsentrasikan pada daerah antara dua *joint*. Respon *force-displacement* untuk elemen-elemen nonlinier *spring* dispesifikan dengan *concentrated model* perilaku material elastis nonlinier diantara dua *joint* pada struktur. Elemen nonlinier *spring* juga digunakan untuk model tumpuan elastis nonlinier.

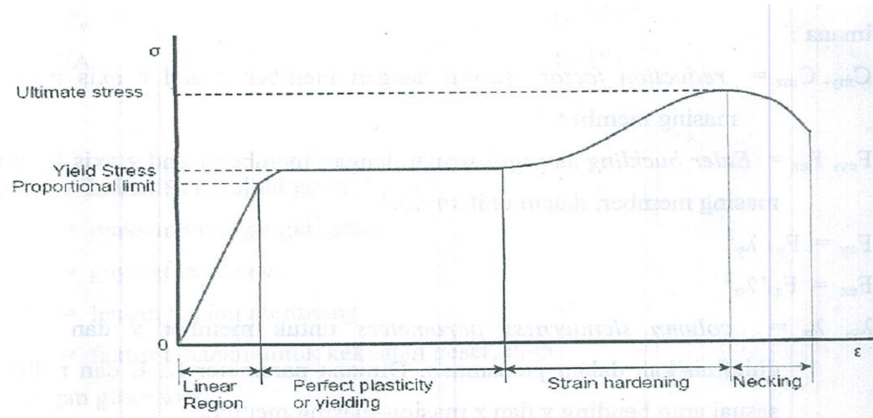
Perumusan dari Newton-Raphson didasarkan pada metode *tangent stiffness* yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan nonlinier yang disebabkan adanya nonlinier material. Teknik ini digambarkan pada gambar 2.8. Pada gambar 2.8, respon yang bernilai “exact” digambarkan melalui garis sambung dan setiap iterasi dari persamaan nonlinier digambarkan dengan garis putus-putus. Iterasi ini berlangsung sampai terjadinya konvergenitas atau banyak iterasi yang ditentukan sebelumnya telah tercapai.



Gambar 2.8 Prosedur iterasi dalam analisis *non-linier* (Kristyanto, 2004)

2.2.8 Batas Tegangan Ultimate (*Ultimate Limit State*)

Analisis batas tegangan *ultimate* dilakukan untuk mengetahui kekuatan maksimum struktur menahan beban yang terjadi. Dalam analisis ini menggunakan metode *push over* dengan cara penambahan beban lateral sampai struktur mengalami keruntuhan. Berikut ini merupakan gambar diagram tegangan regangan struktur baja.



Gambar 2.9 diagram tegangan-regangan untuk struktur baja. (Ina, 2012)

Rasio Plastisitas

Rasio Plastisitas merupakan rasio regangan aksial (dalam arah yang diberikan beban) dengan regangan maksimum/batas maksimum regangan yang dimiliki oleh beban kompresi, maka akan terjadi regangan atau perubahan bentuk material arah lateral (tegak lurus dengan arah beban). Pada beban maksimum, beban akan mengalami regangan maksimum/batas maksimum regangan material sehingga terjadi suatu kerusakan/kegagalan. Persamaan rasio plastisitas diberikan sebagai berikut:

$$\text{Rasio Plastisitas (\%)} = \frac{\epsilon_{0.85} \times 100}{\epsilon_{\text{maksimum}}} \quad (2.26)$$

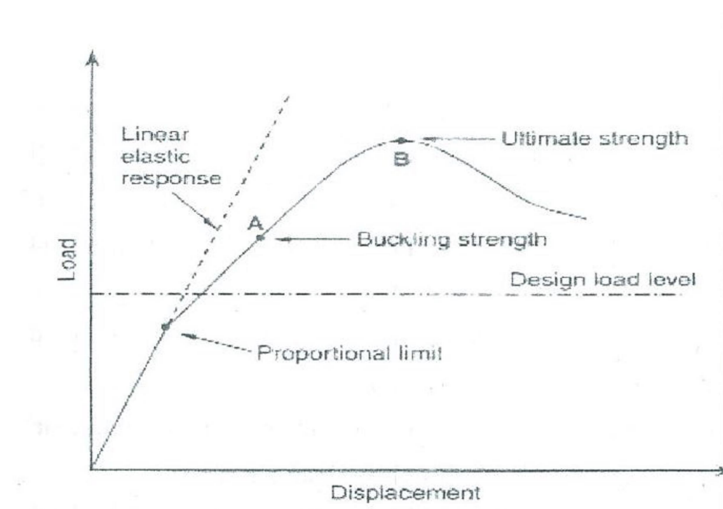
$0.85 \epsilon_{\text{maksimum}}$ dipilih sebagai batas aman regangan yang terjadi pada material berdasarkan regangan maksimum ($\epsilon_{\text{maksimum}}$) yang dimiliki oleh material hingga terjadi kerusakan.

Ultimate Limit State (ULS) secara formal didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana struktur *member* tertentu atau seluruh struktur gagal untuk menjalankan fungsi yang diharapkan. *Ultimate Strength* atau kekuatan batas adalah runtuhnya struktur akibat hilang kekakuan struktur dan kekuatan. Kerugian tersebut mungkin berhubungan dengan:

- Hilangnya keseimbangan sebagian atau seluruh struktur, sering dianggap sebagai benda tegar (misal, *overtuning*).

- Pencapaian ketahanan maksimum daerah struktur, *member* atau koneksi oleh *gross yielding*, *rupture* atau *fracture* (kepecahan).
- Ketidakstabilan di sebagian atau seluruh struktur akibat *buckling* dan *plastic collapse plating*, kaku panel dan anggota dukungan.

Kriteria desain struktural untuk mencegah ULS didasarkan pada runtuhnya plastis atau kekuatan utama. Desain *simplified* ULS berbagai jenis struktur termasuk struktur kapal niaga di masa lalu cenderung mengadalkan pada perkiraan kekuatan *bending* komponen biasanya dari kekuatan *elastic bending* disesuaikan dengan koreksi plastisitas sederhana. Hal ini dipresentasikan oleh titik A pada Gambar 2.10 skema desain berdasarkan kekuatan pada titik A, perancang struktur menggunakan informasi rinci tentang perilaku pasca tekuk anggota komponen dan interaksi mereka. Kekuatan batas benar dipresentasikan oleh titik B dalam Gambar 2.7 kemungkinan lebih tinggi karena kekuatan *ultimate* sebenarnya tidak langsung dievaluasi. Dalam hal apapun, selama tingkat kekuatan yang terkait titik B tetap tidak diketahui. Oleh karena itu, desain struktur seperti kapal angkatan laut serta *platform* lepas pantai dan darat diperbaharui dengan didasarkan pada kekuatan akhir. Untuk desain ULS, faktor kapasitas yang dihasilkan terkait dengan variabilitas dari kapasitas desain (NTS, 1998).



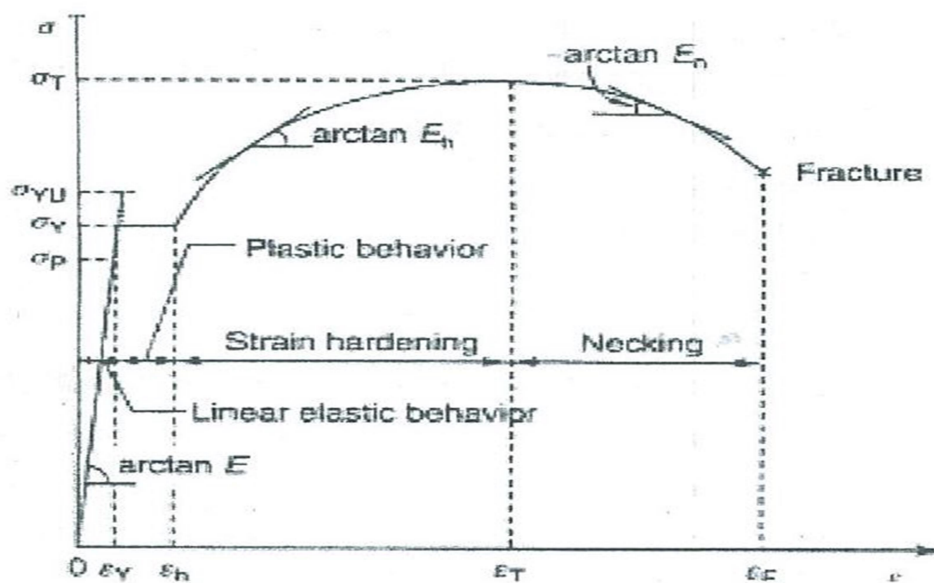
Gambar 2.10 Pertimbangan desain struktur berdasarkan *Ultimate Limit State*. (NTS, 1998)

Hal ini penting untuk dicatat bahwa setiap kegagalan dalam struktur idealnya harus terjadi dalam *ductile* dari pada *brittle manner* (cara rapuh). Hal ini

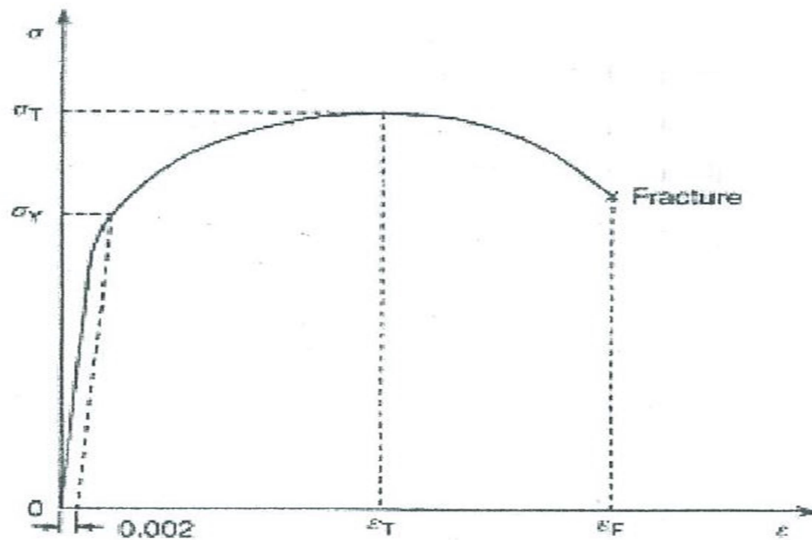
untuk menghindari kegagalan, akan mengakibatkan struktur yang tidak runtuh tiba-tiba. *Ductily* (keuletan) memungkinkan struktur untuk mendistribusikan tekanan internal, dengan demikian dapat menyerap sejumlah energi yang lebih besar sebelum kegagalan secara keseluruhan.

Ductily (keuletan) yang memadai dalam desain struktur didasari oleh:

- Memenuhi kebutuhan persyaratan material yang tangguh.
- Menghindari kegagalan stimulasi inisiasi *concentration* dikombinasi dengan tinggi dan cacat las tidak terdeteksi dalam detail struktur.
- Merancang rincian struktur dan koneksi sehingga memungkinkan sejumlah deformasi plastis.
- Mengatur *member* sehingga penurunan tiba-tiba kapasitas struktur tidak akan terjadi karena transisi *absurd* atau kegagalan member.



Gambar 2.11 Grafik yang menunjuk hubungan antara nominal *stress* (σ) dan *strain* (ϵ). (Brockenbrough & Johnston, 1981)



Gambar 2.12 Grafik *stress-strain* dan *offset yield stress* for *heat-treated higher tensile steels*. (Brockenbrough & Johnston, 1981)

2.2.9 Cadangan Kekuatan (*Reserve Strength*)

Pada umumnya struktur lepas pantai didesain untuk beban gelombang 100 tahunan, dan diharapkan mempunyai *margin* keamanan yang mencukupi untuk beban lingkungan. Keselamatan dari *platform* modern dijamin dengan faktor keamanan baik secara eksplisit maupun implisit. Kode desain telah memberikan faktor keamanan terhadap kegagalan elemen individu. Struktur *jacket* umumnya didesain sebagai sistem *redundant* sehingga tidak akan runtuh karena kegagalan dari satu elemennya.

Parameter yang digunakan untuk menghitung RSR merupakan parameter nominal yang digunakan dalam perhitungan desain. Sehingga nantinya bisa dibandingkan antara kondisi desain 100 tahun dengan kondisi ultimatenya.

RSR mengukur *margin* keamanan terhadap keruntuhan total untuk beban lingkungan desain 100 tahunan. RSR *platform* adalah tergantung dari arah; RSR minimum dari *platform* akan tergantung dari orientasi *platform*, konfigurasi *bracing* pada tiap arah, dan nilai gelombang desain 100 tahunan tiap arah juga arus dan angin 100 tahunan. RSR dari *redundant platform* yang didesain dengan API RP 2A LRFD minimum bernilai 0.8 untuk struktur tanpa personel dan 1.6

untuk struktur yang terdapat personel. Untuk kondisi lingkungan pada *platform*, terdapat hubungan yang dekat antara RSR dan kemungkinan *platform* kelebihan beban, sehingga RSR merupakan indeks yang populer yang digunakan untuk menilai kembali suatu *platform*. RSR dapat dihitung dengan persamaan :

$$RSR = \frac{\text{Beban pada saat struktur collapse}}{\text{Beban kondisi awal}} \quad (2.28)$$

$$RSR = \frac{P_{awal} + \text{Total } P \text{ increment}}{P_{awal}} \quad (2.27)$$

Dengan :

P_{awal} = P pada saat desain level, lb (ton)

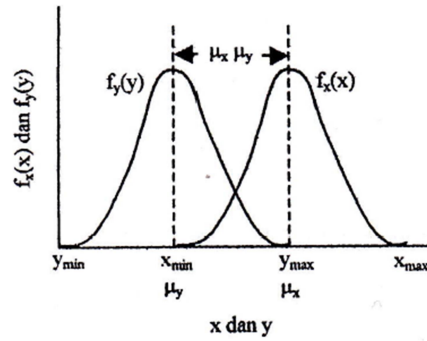
$P \text{ increment}$ = P pada saat analisis *pushover*, lb (ton)

2.2.10 Keandalan Pada Sistem Rekayasa

Sistem dari keandalan pada dasarnya dapat ditunjukkan sebagai problematika antara *demand* (tuntutan atau beban) dan *capacity* (kapasitas atau kekuatan). Secara tradisional didasarkan atas *safety factor* (angka keamanan) yang diperkenankan. Ukuran konvensional untuk angka keamanan adalah perbandingan antara asumsi nilai nominal kapasitas, X^* , dan beban, Y^* , yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{X^*}{Y^*} \quad (2.29)$$

Mengingat nilai nominal dari kapasitas, X^* dan beban, Y^* tidak dapat ditentukan dengan pasti, fungsi-fungsi kapasitas dan beban perlu dinyatakan sebagai peluang sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.9 dengan demikian, angka keamanan dinyatakan dengan perbandingan $Z = X/Y$ dari dua variabel acak X dan Y .



Gambar 2.13 Fungsi kerapatan peluang (fkp) dari kapasitas x dan tuntutan y (Rosyid, 2007)

Ketidakmampuan suatu sistem untuk memenuhi tuntutan dan tugasnya, yang diukur dengan peluang kegagalan, dapat dihubungkan dengan bagian dari distribusi angka keamanan yang nilainya kurang dari satu, yaitu porsi dalam dimana $Z = X/Y \leq 1$ (lihat gambar 2.10). Peluang kegagalan sistem, P_f diberikan dengan persamaan :

$$P_f = P[Z \leq 1] = F_Z(1) \quad (2.30)$$

Dimana F_Z adalah fungsi komutatif dari Z . Dengan pernyataan lain. Peluang sistem untuk tidak gagal (keandalan) adalah:

$$K = 1 - P_f = P[Z > 1] = 1 - F_Z(1) \quad (2.31)$$

2.2.11 Safety Margin (Margin Keamanan)

Jika demand maksimum Y_{\max} melampaui kapasitas maksimum X_{\min} , distribusi kedua-duanya akan mengalami overlap dan probabilitas kegagalan tidak lagi bernilai nol. Untuk menilai probabilitas, dapat diambil perbedaan diantara kapasitas dan beban, yang biasanya disebut dengan margin keamanan atau safety margin, S :

$$S = X - Y \quad (2.32)$$

Oleh karena nilai X dan Y adalah acak, margin keamanan juga merupakan perubah acak sebagaimana dipresentasikan pada Gambar 2.11

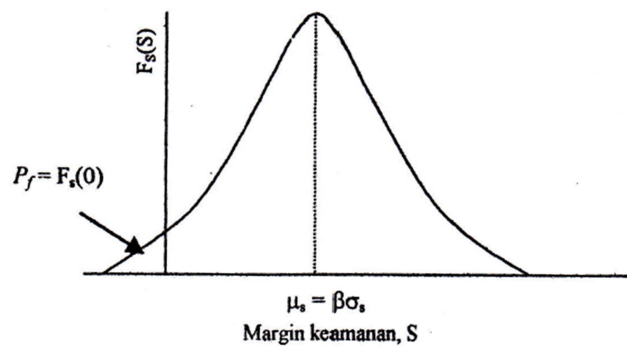
Ketidakmampuan (*Probability of Failure*) suatu sistem untuk memenuhi tuntutannya, yang diukur dengan peluang kegagalan P_f , dapat diperkirakan

menggunakan fungsi kerapatan peluang dari margin keselamatan, yaitu pada bagian dimana S bernilai negatif, atau $S = X - Y \leq 0$. Sehingga dapat dituliskan:

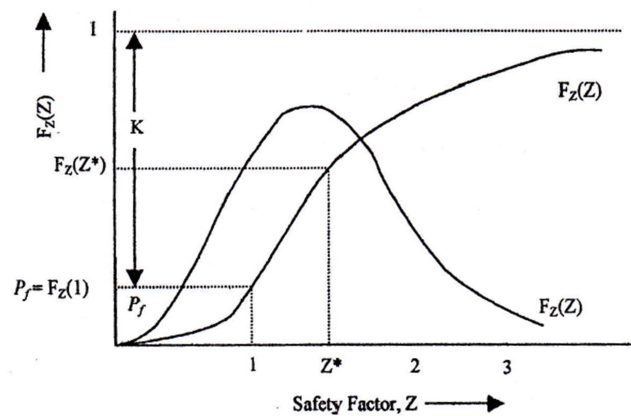
$$P_f = P[(X - Y) \leq 0] = P[S \leq 0] \quad (2.33)$$

Dan sebaliknya, keandalan adalah

$$K = 1 - P_f = P[(X - Y) > 0] = P[S > 0] \quad (2.34)$$



Gambar 2.14 Fungsi kerapatan peluang untuk batas margin (Rosyid, 2007)



Gambar 2.15 Fungsi distribusi komulatif dan fungsi kerapatan peluang pada angka keamanan $Z = X/Y$ (Rosyid, 2007)

Ketika distribusi peluang bersama (*joint probability distribution*) dan X dan Y diketahui, keandalan sebuah sistem dapat dihitung berdasarkan fungsi distribusi komulatif dari X/Y . Peluang kegagalan nol ($P_f = 0$) dan keandalan 100 ($K=1$)

hanya terjadi tuntutan maksimum Y_{\max} tidak melewati kapasitas minimum X_{\min} , sehingga kedua distribusi tidak saling *overlap*.

2.2.12 Indeks Keandalan

Cara lain untuk mengukur keandalan adalah dengan cara menggunakan indeks keandalan, β , yang didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai rata-rata

$$\beta = \frac{\mu_s}{\sigma_s} \quad (2.35)$$

Jika menggunakan nilai kritis *margin* keselamatan, $S = 0$, dan jaraknya dengan nilai rata-rata *margin* keamanan μ_s , maka indeks keandalan ini dapat diinterpretasikan sebagai jumlah simpangan baku σ_s . Pada jarak ini artinya, jarak antara $S = 0$ dengan μ_s ini dapat dibagi menjadi beberapa simpangan baku. Semakin panjang, relatif terhadap simpangan baku, maka semakin besar indeks keandalannya. Selanjutnya, indeks keandalan juga berbanding terbalik dengan koefisien variasi *margin* keselamatan, atau dapat dituliskan

$$\beta = \frac{1}{V_s} \quad (2.36)$$

Untuk menghasilkan ekspresi yang lebih umum atas indeks keandalan dapat digunakan persamaan yang secara sepintas dibahas pada bagian sebelumnya. Mengingat $\mu_s = \mu_x - \mu_y$, dan $\sigma^2 s = \sigma^2 x - 2\rho_{XY}\sigma_x\sigma_y + \sigma^2 y$, maka :

$$\beta = \frac{\mu_x - \mu_y}{\sqrt{\sigma^2 x - 2\rho_{XY}\sigma_x\sigma_y + \sigma^2 y}} \quad (2.37)$$

Dimana ρ_{XY} adalah koefisien korelasi di antara kapasitas dan beban. Oleh karena itu, indeks keandalan adalah maksimum jika $\rho_{XY} = +1$ dan minimum jika $\rho_{XY} = -1$. Untuk X dan Y terdistribusi normal, maka peluang kegagalan adalah:

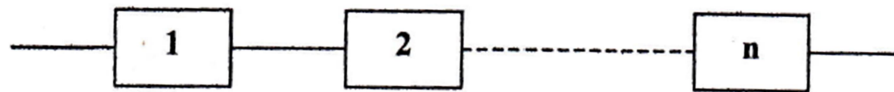
$$P_f = 1 - \Phi(\beta), \quad (2.38)$$

Dan

$$K = \Phi(\beta) \quad (2.39)$$

2.2.13 Sistem Seri

Dari aspek kegagalan, sebuah sistem dikatakan seri apabila kegagalan salah satu komponen penyusunnya sudah cukup untuk menyebabkan kegagalan sebagian atau keseluruhan sistem tersebut. Dari sudut keandalan, seluruh komponen harus berfungsi supaya sistem dapat berfungsi. Sistem seperti ini disebut juga *weaket-link sistem*. Sebuah mata rantai adalah contoh termudah dari sebuah sistem seri. Kegagalan satu mata rantai sudah cukup untuk menjadikan rantai tersebut tidak berfungsi sama sekali. Secara grafis, sistem seri seperti ini dilukiskan sebagai berikut:



Gambar 2.16 Representasi grafis sebuah sistem seri dengan n-komponen
(Rosyid, 2007)

Untuk sistem dengan dua komponen seri masing-masing dengan peluang kesuksesan (keandalan) K_1 dan K_2 , Keandalan sistem tersebut adalah $K_S = K_1 K_2$. Apabila sistem tersebut tersusun n-komponen secara seri, maka keandalan sistemnya adalah :

$$K_s = K_1 K_2 \dots K_n \quad (2.40)$$

Dengan memperhatikan persamaan di atas, maka dapat dipahami bahwa semakin banyak komponen dalam sebuah sistem seri, keandalan sistem itu menurun.

2.2.14 Sistem Paralel Aktif

Dari aspek kegagalan, bila sebuah sistem memerlukan kegagalan seluruh komponen penyusunnya untuk tidak berfungsi sama sekali, maka sistem ini disebut sistem paralel. Dari segi keandalan, maka sistem seperti ini hanya memerlukan satu komponen penyusunnya yang berfungsi agar sistem keseluruhan tetap berfungsi. *Realibility Block Diagram* (RBD) untuk sistem yang *fully-redundant* seperti ini ditunjukkan oleh gambar.

Bila kegagalan komponen dapat dianggap independent, maka peluang kegagalan sistem paralel aktif ini adalah:

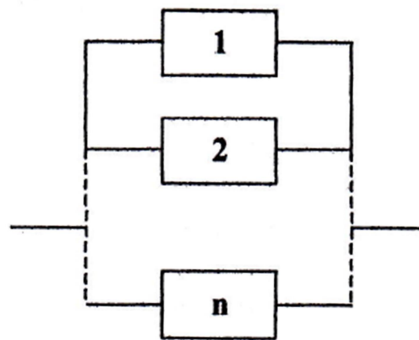
$$F_s = F_1 F_2 \dots F_n \quad (2.41)$$

Atau, bila dinyatakan dalam keandalan komponennya:

$$F_s = (1 - K_1) (1 - K_2) \dots (1 - K_n) \quad (2.42)$$

Maka keandalan sistem nya adalah:

$$K_s = 1 - [(1 - K_1)(1 - K_2) \dots (1 - K_n)] \quad (2.43)$$



Gambar 2.17 RDB untuk sistem paralel aktif dengan n-komponen (Rosyid, 2007)

Agaknya lebih mudah untuk dipahami bahwa secara prinsip paralelisasi akan meningkatkan keandalan sistem. Namun demikian dapat dilihat pada strategi paralelisasi, bahwa peningkatan keandalan paling tinggi diperoleh pada penambahan satu komponen pertama. Sesudah itu, penambahan komponen ketiga dan selanjutnya tidak akan meningkatkan keandalan sistem secara mencolok sebagaimana pada penambahan pertama.

2.2.15 Simulasi Monte Carlo

Ketika suatu sistem yang sedang dipelajari mengandung variabel atau parameter yang memiliki nilai random, atau mengandung perubah acak, maka metode simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memecahkan persoalan ini, suatu set nilai dari tiap-tiap variabel (satu nilai untuk setiap variabel) dari suatu sistem disimulasikan berdasarkan distribusi peluangnya, misalnya berdasarkan fungsi kerapatan peluang tiap-tiap variabel tersebut. Untuk setiap set ini, respon atau kinerja sistem dihitung berdasarkan fungsi kinerja dari sistem tersebut.

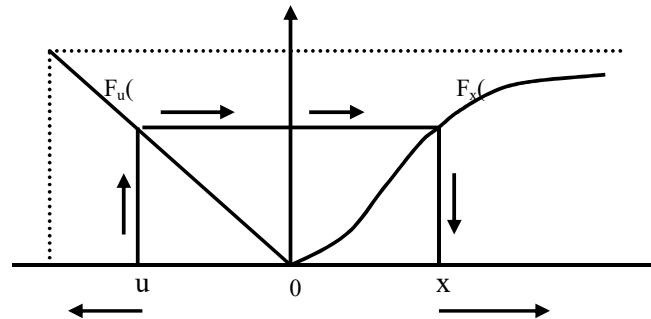
Perhitungan respon atau kinerja sistem dihitung berdasarkan fungsi deterministik untuk suatu set nilai dari respon atau kinerja sistem tersebut, sehingga pada akhir simulasi akan diperoleh sekumpulan data respon atau kinerja sistem. Sekumpulan data ini dapat dianggap sebagai sampel data, dengan analisis statistik dapat dilakukan untuk menentukan nilai rata-rata, simpangan baku, bahkan distribusi dari respon atau kinerja sistem tersebut.

Unsur pokok yang diperlukan didalam simulasi Monte Carlo adalah sebuah *random number generator* (RNG). Hal ini karena, secara teknis, prinsip dasar metode simulasi Monte Carlo sebenarnya adalah sampling numerik dengan bantuan RNG, dimana simulasi dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari perubah acak berdasarkan distribusi peluang perubah acak tersebut. Ini berarti, Simulasi Monte Carlo mensyaratkan bahwa distribusi peluang dari perubah acak yang terlibat di dalam sistem yang sedang dipelajari telah diketahui atau dapat diasumsikan. Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan ke dalam persamaan fungsi kinerja $FK(x)$, dan harga $FK(x)$ kemudian dihitung. Untuk suatu fungsi kinerja tertentu, misalnya, setiap kali $FK(x) < 0$, maka sistem/komponen yang ditinjau dianggap gagal. Jika jumlah sampel tersebut adalah N (atau replikasi sejumlah N), maka dapat dicatat kejadian $FK(x) < 0$ sejumlah n kali. Dengan demikian, peluang kegagalan sistem/komponen yang sedang ditinjau adalah rasio antara jumlah kejadian gagal dengan sampel atau replikasi, $P_g = n/N$.

Persoalan utama di dalam simulasi Monte Carlo adalah bagaimana mentransformasikan angka acak yang dikeluarkan oleh *random number generator* (RNG) menjadi besaran fisis yang sesuai dengan fungsi kerapatan peluang (f_{kp})nya. Ini disebabkan karena angka acak yang dikeluarkan oleh RNG memiliki f_{kp} *uniform*, sedangkan perubah dasar dalam $FK(x)$ seringkali tidak demikian (misal terdistribusi secara normal, lognormal, dan sebagainya). RNG biasanya ada dalam CPU komputer sebagai *built-in computer program* dalam bagian ROM-nya. RNG yang disediakan ini hampir selalu berbentuk *linear congruential generator* yang mengeluarkan suatu deretan bilangan cacah (integer) I_1, I_2, I_3 . Transformasi bilangan acak menjadi nilai perubah acak juga dapat dilakukan secara numerik dengan prosedur intuitif berikut:

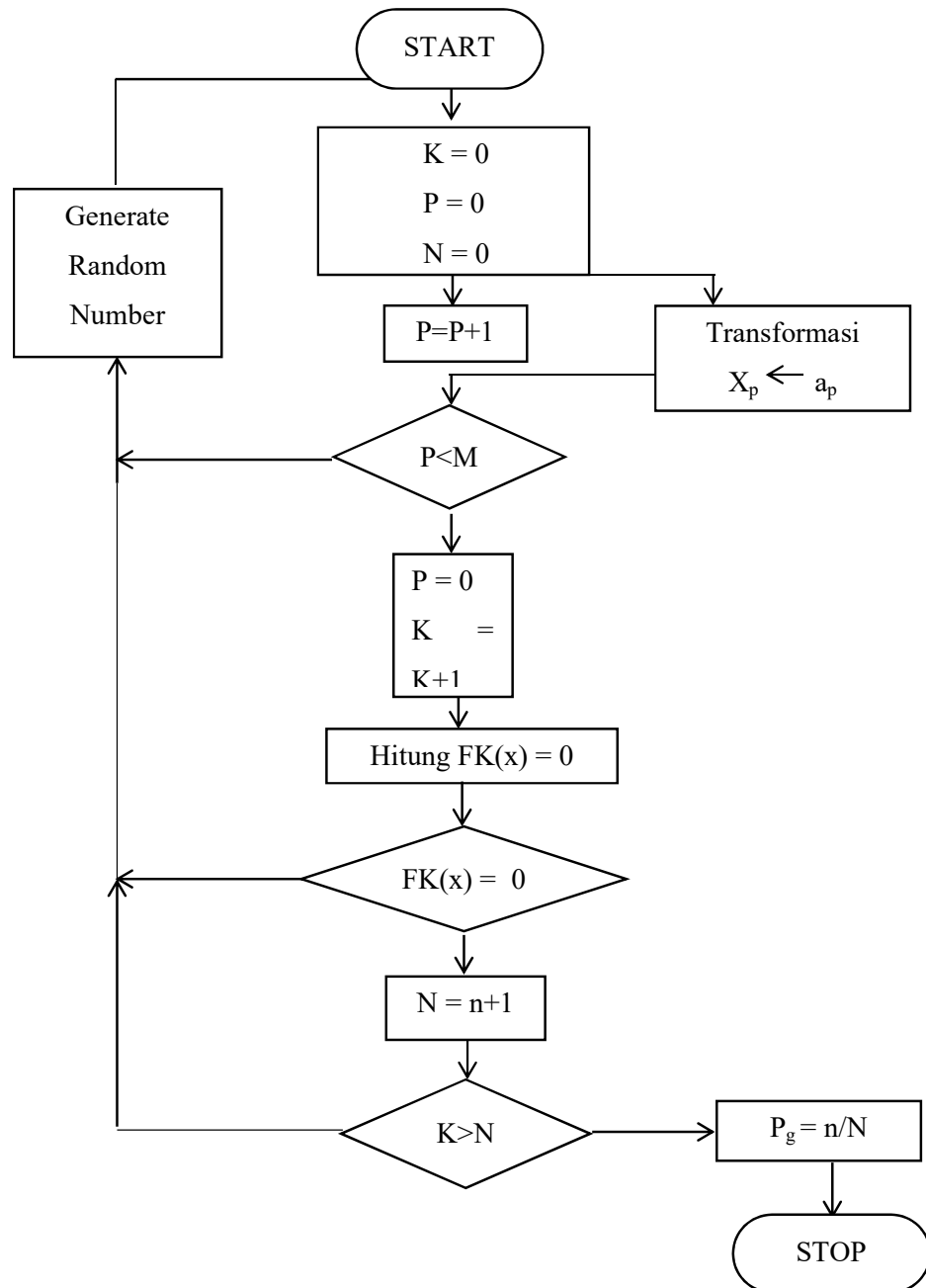
1. Untuk X_P dengan fungsi kerapatan peluang yang diketahui f_{kp} , bagilah rentang X_P menjadi I interval yang sama sepanjang dx .
2. hitung luas tiap pias (ini akan menghasilkan peluang X_P memiliki harga dalam interval i , yaitu sebesar P_i) dengan mengalikan interval dx dengan tinggi f_{kp} pada X_i . Untuk setiap a_P , yang keluar dari RNG, maka a_P diperbandingkan dengan batas interval yang sesuai. Apabila $P_i < a_P < P_{i+1}$, maka a_P “dipahami” (ditransformasikan) sebagai X_i .

Disamping itu, transformasikan dari bilangan acak ke nilai perubah acak dapat dilakukan secara analitik, berdasarkan fungsi distribusi kumulatif perubah acak tersebut. Oleh karena fungsi distribusi kumulatif (fdk) dari suatu perubah acak X merupakan fungsi kontinyu dan monotonik dari X , maka nilai $F_x(x)$ dapat dipakai sebagai alat transformasi dari nilai bilangan acak u menjadi nilai perubah acak, x , sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.18 Hubungan Bilang Acak Distribusi Uniform Dengan Perubah Acak X Pada Fungsi Distribusi Kumulatif $F_x(X)$ (Rosyid, 2007).

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.14, oleh karena $u = g(x) = F_x(x)$ merupakan fungsi yang tidak memiliki elemen yang menurun (*non-decreasing function*), maka untuk sembarang nilai u diantara 0 dan 1, fungsi *inverse* $x = \xi(u)$ dapat didefinisikan sebagai nilai x terkecil yang memenuhi persamaan $F_x(x) \geq u$ (berdasarkan definisi quantil dalam fungsi distribusi kumulatif). Sehingga dapat didefinisikan bahwa nilai bilangan acak diambil sebagai nilai dari quantil, $u = F_x(x)$, sedemikian sehingga nilai perubah acak dapat ditentukan (setelah fungsi distribusi kumulatifnya dipunyai).



Gambar 2.19 Algoritma tipikal untuk Simulasi Monte Carlo (Rosyid, 2007)

2.2.16 Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)

Identifikasi potensi bahaya bertujuan untuk meningkatkan standar keamanan (*safety*) dalam suatu wilayah kerja. Identifikasi bahaya dilakukan berdasar pada statistik kecelakaan. Pengalaman industri dan teknik identifikasi lainnya seperti

Hazard and Operability Studies (HAZOP). Bahaya dapat terjadi karena pengaruh dari luar atau karena kelalaian manusia. Bahaya yang terjadi karena pengaruh dari luar seperti pada saat instalasi bangunan lepas pantai atau pun proses operasional lainnya antara lain: (Andrew dan Moss, 2002)

- ledakan sumur (*blowouts*)
- kebakaran (*fires*)
- benda jauh (*falling objects*)
- tubrukan kapal dan helicopter (*ship and helicopter collision*)
- gempa (*earthquakes*)
- cuaca yang buruk (*extreme weather*)
- kombinasi dari kejadian tersebut

2.2.17 Penilaian Resiko (*Risk Assessment*)

Resiko adalah hasil dari frekuensi dengan kejadian tidak diinginkan yang diantisipasi untuk terjadi dengan konsekuensi dari hasil kejadian. Analisis resiko adalah proses pemahaman sesuatu yang tidak diinginkan dapat terjadi, bagaimana kemungkinannya untuk terjadi, dan separah apa akibatnya apabila terjadi. Penilaian resiko termasuk analisis resiko, tetapi juga termasuk proses dengan hasil dari analisis resiko yang dipertimbangkan terhadap keputusan, standar atau kriteria.

Dasar penilaian resiko dapat dilakukan pada awal tahap desain, seperti konsep desain, atau sesudahnya. Penilaian resiko untuk konsep desain berpeluang untuk memberikan pandangan pada tipe, jumlah dan besar resiko digabungkan dengan konsep desain. Informasi ini akan memperkenankan investigasi pilihan desain resiko yang lebih rendah sebelum banyak usaha yang telah ditujukan untuk menyempurnakan desain. Dalam beberapa kasus pengujian desain yang telah lolos penilaian resiko dalam tahap konsep akan memerlukan penilaian resiko yang lain seiring dengan pada tahap desain yang rumit dan lengkap (ISO, 2000).

Resiko didefinisikan sebagai hasil dengan kejadian yang diantisipasi terjadi dan konsekuensi dan kejadian. Dalam lingkup matematika, resiko data dihitung dengan menggunakan matriks resiko (ISO, 2000).

$$Risk = Frequency \times Consequence \quad (2.44)$$

2.2.18 Matriks Resiko

Kriteria penerimaan untuk memutuskan persamaan dari tujuan desain harus diadakan. Kriteria penerimaan harus dapat diaplikasikan pada evaluasi matriks yang telah dipilih. Jika ukuran digunakan untuk evaluasi matriks, pada tahap ini, matriks resiko dengan kriteria penerimaan yang akan digunakan. Dengan pilihan, untuk perbandingan penilaian, kriteria penerimaan dapat didasarkan pada konsekuensi atau hanya pada frekuensi saja. Kekompleksan matriks resiko tergantung dari pertimbangan *owner*, apakah menggunakan metode kualitatif, kuantitatif, maupun semi kuantitatif. Matriks resiko semi kuantitatif disajikan seperti berikut.

PoF Ranking	PoF Description	A	B	C	D	E
5	(1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location.	YELLOW	RED	RED	RED	RED
4	(1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.	YELLOW	YELLOW	RED	RED	RED
3	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in the operating company.	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED	RED
2	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED
1	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW
CoF Types	Safety	No Injury	Minor Injury Absence < 2 days	Major Injury Absence > 2 days	Single Fatality	Multiple Fatalities
	Environment	No pollution	Minor local effect. Can be cleaned up easily.	Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove.	Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish).	Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem.
	Business	No downtime or asset damage	< € 10.000 damage or downtime < one shift	< € 100.000 damage or downtime < 4 shifts	< € 1.000.000 damage or downtime < one month	< € 10.000.000 damage or downtime one year
CoF Ranking		A	B	C	D	E

Gambar 2.20 Matriks Resiko ISO 2000 (DNV RP G101, 2010)

Penentuan kategori kegagalan sesuai dengan probabilitas kegagalan struktur (*Probabilities of Failure*) ditentukan dengan menggunakan ketentuan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kategori *Probabilities of Failure* (DNV RP G101, 2010)

Kategori	<i>Annual Failure Probability</i>	
	<i>Quantitative</i>	<i>Qualitative</i>
5	$>10^{-2}$	Failure Expected
4	10^{-3} to 10^{-2}	High
3	10^{-4} to 10^{-3}	Medium
2	10^{-5} to 10^{-4}	Low
1	$<10^{-5}$	Negligible

Sedangkan untuk konsekuensi kegagalan (*Consequences of Failure*) dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori *Consequences of Failure* (DNV RP G101, 2010)

Tingkat	<i>Consequences of Failure</i>		
	Keselamatan Personil	Dampak Lingkungan	Dampak Finansial
A	Diabaikan	Diabaikan	Diabaikan
B	Luka Ringan	Ringan	Ringan
C	Luka Berat	Lokal	Lokal
D	Kematian	Besar	Besar
E	Banyak Kematian	Sangat Besar	Sangat Besar

Untuk lebih detailnya, konsekuensi kegagalan berdasarkan ISO 2000 digolongkan menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Konsekuensi kegagalan yang mengancam keselamatan pekerja. Pada konsekuensi ini memperhatikan hal yang akan terjadi pada para pekerja jika sistem atau struktur gagal. Terdiri dari lima tingkatan, yaitu:
 - Tidak ada yang terluka (tidak ada kejadian terhadap pekerja).
 - Terjadi sedikit luka (pekerja tidak hadir ≤ 2 hari karena luka).
 - Terjadi banyak luka (pekerja tidak hadir ≥ 2 hari karena luka).
 - Terjadi kematian (meninggal 1 orang pekerja).

- Terjadi banyak kematian (banyak pekerja yang meninggal).
2. Konsekuensi kegagalan yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Pada konsekuensi ini memperhatikan hal yang akan terjadi pada lingkungan, jika sistem atau struktur gagal. Terdiri dari lima tingkatan, yaitu:
 - Tidak terjadi pencemaran lingkungan.
 - Pencemaran kecil (dapat dinetralsir dengan mudah).
 - Pencemaran sekitar (butuh waktu 1 minggu/orang untuk menetralsir).
 - Pencemaran besar (pencemaran hingga pada ekosistem sehingga sulit untuk menetralsir).
 - Terjadi pencemaran sangat besar (pencemaran pada ekosistem pada tahap tidak dapat dinetralsir).
 3. Konsekuensi kegagalan yang menyebabkan kerugian bisnis, yaitu:
 - Tidak terjadi kerugian apapun.
 - Kerugian kecil ($\text{kerugian} \leq \text{€ } 10.000$ atau penghentian selama satu kali operasi).
 - Kerugian sedang ($\text{kerugian} \leq \text{€ } 100.000$ atau penghentian selama 4 kali operasi).
 - Kerugian besar ($\text{kerugian} \leq \text{€ } 1.000.000$ atau penghentian selama 1 bulan).
 - Kerugian sangat besar ($\text{kerugian} \leq \text{€ } 10.000.000$ atau penghentian selama 1 tahun).

2.2.19 Structure Analysis Computer Sistem Collapse

Dalam pekerjaan SACS collapse input yang harus dikerjakan adalah memodelkan SACS file dan collapse input. Ditahap permodelan sesuai dengan input yang sudah dianalisis statis. Dengan memberikan pembebanan kombinasi yang sesuai dengan beban pada struktur tersebut

2.2.19.1 Collapse Analysis Input

Penambahan model dalam analisis nonlinear ini membutuhkan *collapse* input untuk mengetahui analisis input data.

2.2.19.2 Collapse Analysis Option

Pada *collapse analysis option* berada dicolom 26-41 dengan tulisan CLOPT. Bagian bagian yang ada pada *collapse analysis option*:

1. *Joint flexibility*
2. *Member Local Buckling*
3. *Pile Plasticity*
4. *Considering Skipped Element Plastically*
5. *Tubular Connection Capacity Check*
6. *Strain Hardening*
7. *Collapse Critical Displacement*
8. Membuat *SACS Model File* di step terakhir

2.2.19.3 Analisis Parameters dan Convergence Criteria

Analisis parameter seperti number untuk plastic *member* sub-segment dan maximum number untuk iterasi pada kolom 11-19 dituliskan CLPOPT ketika analisis konvergensi *criteria specified* di kolom 56-60 Number untuk *Member Sub Segmen*: default dari sub-segmen nya adalah delapan *Member* Iterasi dan Displacement konvergensi : default dari ini adalah 20 sampai *Global Stiffness* Iterasi dan konvergensi berlanjut jika jumlah maksimum untuk iterasi melebihi dengan menambah tulisan CN pada analysis option

2.2.19.4 Laporan Output

Laporan output memasukan joint defleksi, joint reaksi, *member* internal load dan stress, hasil collapse laporan juga tersedia. Laporan output option dapat ditentukan pada CLPRPT di kolom 8-31.

1. *Joint Displacements*
2. Memilih laporan joint untuk laporan displacement
3. Joint reaksi
4. *Member* internal load dan stress
5. Laporan Pilehead reaksi

6. Memilih plate untuk laporan
7. Tidak termasuk elastic *member*
8. Menunjukkan plastisitas *minimum*
9. Hasil laporan *collapse*
10. Hasil laporan *member*

2.2.19.5 Menerapkan beban

Seperti standart analisis linear, Menganalisis *program collapse* satu set kasus beban yang diterapkan langkah demi langkah atau berurutan bukan bersamaan.

1. Mendefinisikan urutan beban

Sebuah urutan beban mendefinisikan serangkaian langkah-langkah beban yang akan diterapkan dalam urutan atau perintah yang ditentukan oleh pengguna menggunakan garis LDSEQ. Masukkan beban nama urutan di kolom 7-10 dari garis LDSEQ pertama mendefinisikan urutan. Setiap urutan beban mungkin berisi 1-50 beban langkah didefinisikan dalam kolom 21-80 di LDSEQ yang garis. Sebuah langkah beban mendefinisikan kasus beban dasar untuk diterapkan, jumlah kenaikan lebih dari yang menerapkan kasus beban, faktor kasus beban awal dan faktor kasus beban akhir. Untuk setiap langkah beban khusus, besarnya kenaikan masing-masing beban konstan dan ditentukan dengan:

$$Load\ Increment = \frac{(End\ factor - Begin\ factor)}{Number\ of\ increments}$$

2. Beban Urutan dengan Lebih dari Tiga Langkah beban

Beberapa baris LDSEQ dapat digunakan untuk menentukan urutan beban yang terdiri dari lebih dari tiga langkah beban. Untuk setiap baris LDSEQ berikutnya, meninggalkan beban urutan ID di kolom 7-10 kosong untuk menunjuk bahwa langkah beban didefinisikan adalah kelanjutan dari urutan arus beban. Hingga total tujuh belas LDSEQ garis dapat digunakan untuk menentukan sampai lima puluh langkah untuk setiap urutan beban tertentu

3. Menggunakan kombinasi beban

Meskipun hanya kasus beban dasar dapat ditentukan sebagai bagian dari urutan beban, kombinasi beban mungkin dianalisis dengan mendefinisikan kasus beban dasar yang membentuk kombinasi, sebagai bagian dari urutan beban. Tidak seperti analisis linear, kondisi beban dasar ini diterapkan secara berurutan bukan bersamaan. Atau, kombinasi beban dapat dikonversi menjadi kasus beban dasar menggunakan program Seastate sebelum untuk pelaksanaan analisis Collapse.

2.2.19.6 Kapasitas Parameter Tubular Koneksi

1. Tubular Connection Kapasitas option

Pilihan kekuatan sambungan yang digunakan untuk cek kapasitas koneksi tubular dapat diimplementasikan melalui menggunakan garis JSOPT

2. *LRFD Resistance Factor Data*

Secara default, program Collapse akan menggunakan indeks keselamatan LRFD yang ditentukan dalam 2ALRFD API RP komentar sebagai faktor resistensi.

3. *Norsok Resistance Factor Data*

Faktor resistensi dapat digunakan bersama dengan cek kekuatan bersama NORSOK. koneksi dan resistensi materi faktor bawaan untuk 1.0 dan 1.15 masing-masing. faktor resistensi alternatif bisa ditentukan dengan menggunakan garis masukan RSFAC.

2.2.19.7 Design Elemen Elastic

Desain ada dibuat untuk tidak terkena proses dari penambahan beban secara berturut dengan menjadi elastic material properties.

1. *Elastic member*

Tentukan awal dan mulai sendi dari setiap anggota yang dianggap sebagai defleksi besar elastis elemen dari input MEMELA

2. *Elastic Member Groups*

Tentukan kelompok anggota yang semua elemen ditugaskan yang dianggap sebagai defleksi besar elastis elemen pada baris masukan GRPELA

3. *Elastic plate group*

Tentukan ID pelat untuk elemen pelat yang akan dianggap sebagai elemen elastis defleksi besar di jalur input PLTELA.

4. *Elastic plates element*

Tentukan nama grup plate yang dianggap sebagai elemen elastis defleksi besar di PGRELA baris input.

2.2.19.8 Non linear spring

Didalam program collapse terdapat Program:

1. *Non linear springs support*

Pada umumnya pegas *nonlinier* untuk unsur tanah tersedia dalam *Collapse*. Elemen-elemen *spring* memiliki enam derajat uncoupled kebebasan. Kekuatan defleksi karakteristik pegas untuk setiap tingkat kebebasan didefinisikan oleh poin Angkatan-Pemindahan diskrit pada baris masukan NLSPRG.

2. *Join to join linear spring*

Pegas nonlinier dapat ditugaskan antara join yang ada. Kekuatan defleksi karakteristik pegas untuk setiap derajat kebebasan didefinisikan oleh poin Angkatan-Pemindahan diskrit pada baris masukan NLSPJJ

2.2.19.9 MSL Joint flexibility formulation

Partisipan proyek industri bersama 'Kriteria Penilaian, Keandalan dan Cadangan Kekuatan *Tubular joint*' dapat mengakses formulasi fleksibilitas sendi dikembangkan oleh MSL Engineering Limited (UK). Pilihan dari formulasi dapat diakses pada baris MSLOPT.

1. *Joint Flexibility*

efek diprediksi fleksibilitas koneksi tubular dapat diperhitungkan dengan menentukan pilihan analisis 'MF' atau 'CF' untuk tingkat rata-rata atau karakteristik masing-masing, di kolom 8-9. Secara default, toleransi konvergensi 0,001 diasumsikan untuk distorsi sendi dan rotasi.

2.2.19.10 Joint Streng/flexibility selection

joint individu dapat dipilih untuk kekuatan joint atau analisis fleksibilitas joint. Pilihan yang digunakan, baik bersama kekuatan 'JS' atau fleksibilitas 'JF' bersama, harus ditentukan dengan pilihan analisis CLPOPT.

2.2.19.11 Material Properties

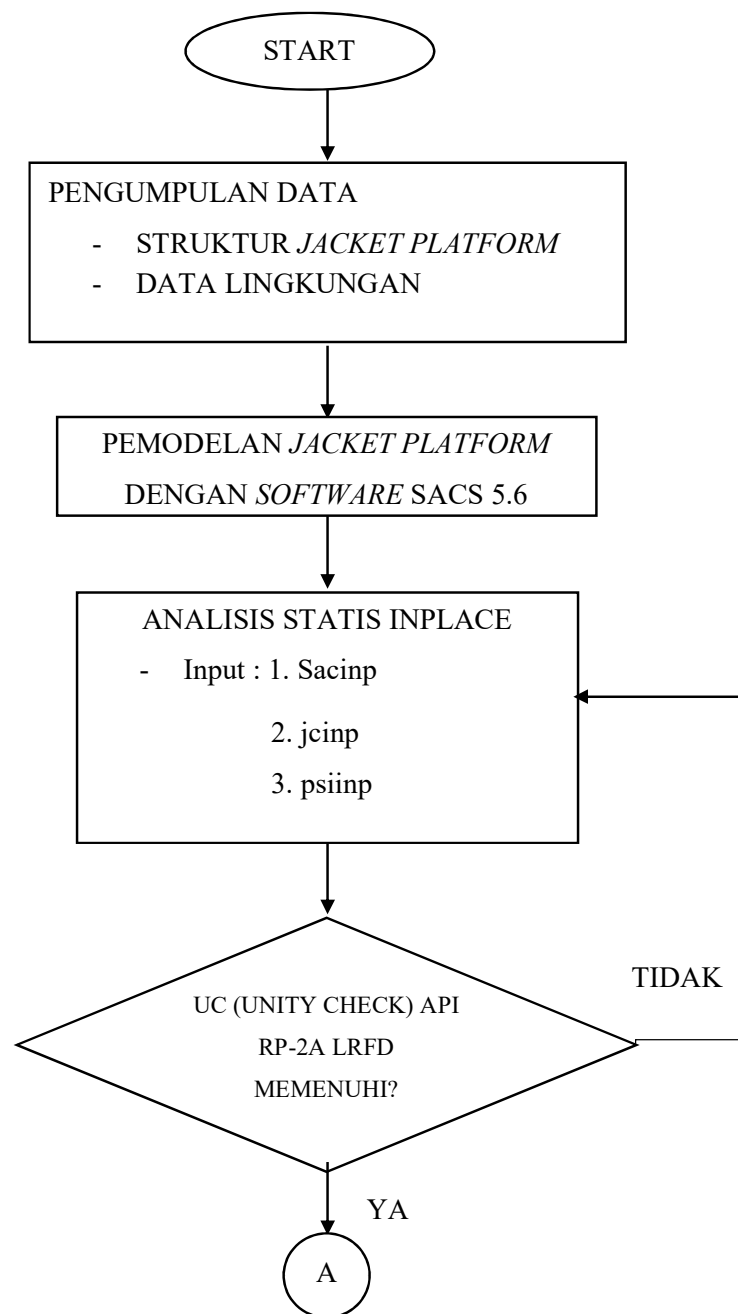
Pada hasil perilaku tegangan-regangan *multilinear* detail untuk anggota dapat ditentukan dengan menggunakan opsi ini. Jika opsi ini tidak dipilih, perilaku pasca-yield tetap linear dan diatur oleh pengerasan regangan Rasio ditentukan dalam garis CLPOPT. MATGRP baris digunakan untuk menetapkan model material untuk beberapa kelompok anggota. regangan plastik (didefinisikan sebagai jumlah hasil regangan dikurangi strain) dan faktor stres (didefinisikan sebagai stres sebenarnya dibagi dengan tegangan luluh) nilai-nilai dimulai pada imbal hasil titik yang dimasukkan dalam garis MATPRP PLAS untuk menentukan perilaku pos-yield material.

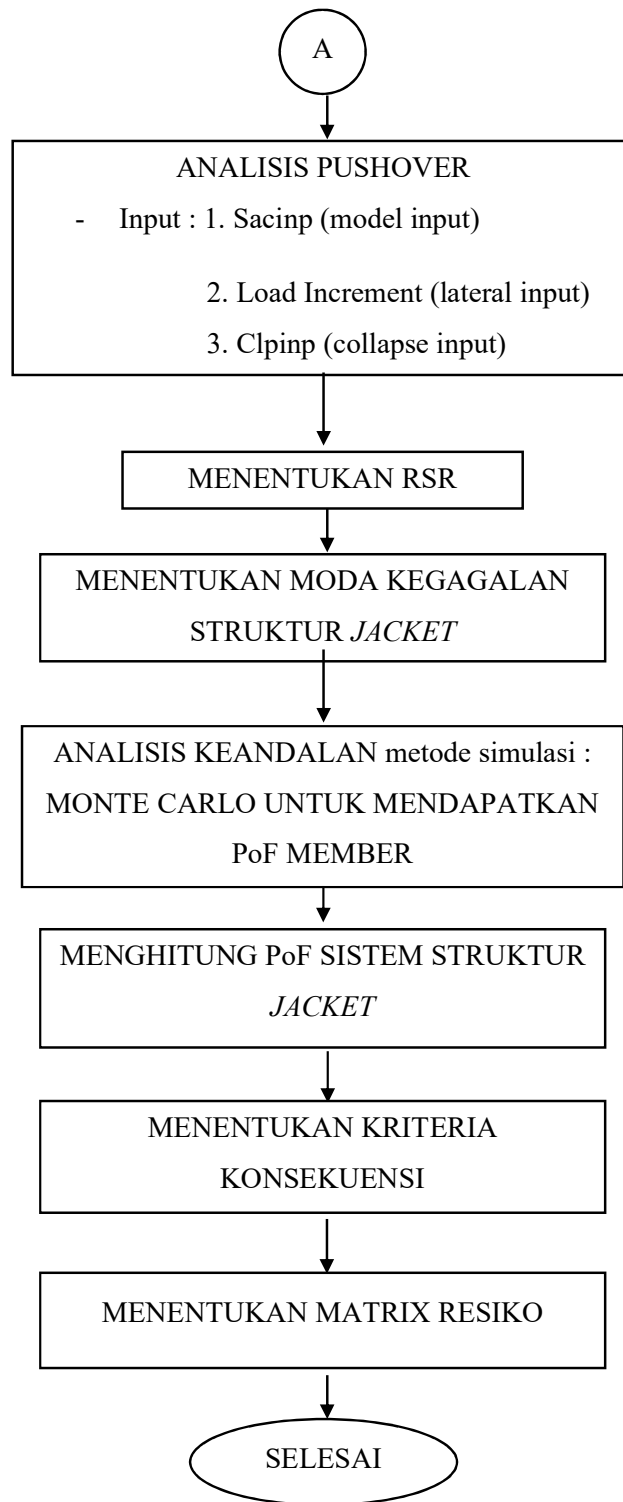
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam Tugas Akhir ini secara umum proses pengerjaannya meliputi:





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun Prosedur dan langkah langkah dalam tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang diperlukan seperti data *existing platform* dan data lingkungan
2. Pemodelan Struktur Cinta-p Platform.
3. Analisis statis *In-Place* API RP 2A LRFD (*unity check*)
Memasukan data input model struktur (Sacinp) dan file yang berisi tentang penjelasan sambungan (*joint can input*).
4. Melakukan analisis *pushover* struktur *jacket platform*.
 - a. Memasukan data *Input model* yang telah digunakan pada proses pembebanan statis pada SACS 5.6 (*sacinp*) dan (*psiinp*).
 - b. Memasukan data input *pushover analysis (vertical load and lateral load)* pada model yang telah dibuat dengan memberikan *load case* pada *load sequence* (tahap pembebanan beban) yang akan dibuat.
 - c. Input data pada file *clpinp (Collapse input)*. Selanjutnya *running full plastic collapse analysis*.
5. Menentukan RSR (*Reserve Strength Ratio*).
6. Menentukan moda kegagalan struktur *jacket* berdasarkan *ultimate combine stress* API RP 2A LRFD.
7. Melakukan analisis keandalan metode simulasi *monte carlo* untuk mendapatkan PoF *member* sistem struktur dengan *reliability block diagram*.
8. Menentukan kriteria konsekuensi
Berdasarkan DNV RP-G 101, Struktur dapat dikategorikan dengan variasi yang ditentukan untuk desain anjungan yang baru dan penilaian anjungan yang sudah ada.
9. Selesai.

3.3 Data Struktur dan Data Lingkungan

3.3.1 Data struktur

Struktur jacket Cinta-P Platform adalah salah satu jenis bangunan lepas pantai yang berupa *fixed jacket platform* terdiri dari enam kaki dan struktur ini dimiliki oleh CNOOC STD yang beroperasi di bagian barat laut Jawa. Koordinat dari platform ini sebagai berikut ; *Latitude* : $05^{\circ} 27' 02,51''$ *South* dan *Longitude* $106^{\circ} 15' 19,25''$ *East*.

Platform ini pertama kali dipasang pada tahun 1974. *Platform* ini didesain oleh PT. Synergi Engineering atas permintaan CNOOC STD yang kemudian di-*requalification* oleh PT. Marindotech untuk didokumen *review* tahun 2014. Pada analisis ini *platform* terdiri dari enam kaki dan dilengkapi oleh enam deck elevasi yang terdiri atas Upper Top Deck EL yang mempunyai elevasi (+) 89'-6" di atas MSL, Top Deck EL yang mempunyai elevasi (+) 84'-5" di atas MSL, Lower Top Deck EL yang mempunyai elevasi (+) 79'-0" di atas MSL, Main deck yang mempunyai elevasi (+) 55'-2" di atas MSL, Cellar Deck yang mempunyai elevasi (+) 35'-0" di atas MSL, Sub-Cellar deck EL yang mempunyai elevasi (+) 23'-0" di atas MSL. *Working point* pada analisis ini berlokasi di elevasi (+) 15'-00" di atas MSL dan kedalaman *still water depth* pada analisis ini adalah 111.00 ft.

Selain struktur utama yang terdiri dari atas *jacket* dan *deck*, *platform* ini juga memiliki *jacket leg* diameter antara 39.31'-41.5' dan dipancang dengan kedalaman 202 *feet* dibawah *mudline*. Serta platform ini mempunyai *pile* dengan diameter 36' selain itu platform ini memiliki enam *riser* dan satu *boat landing*.

3.3.2 Data Lingkungan

a) *Water Depth*

Besar *mean sea level* (MSL) dalam analisis ini adalah 111 ft. kedalaman air digunakan dalam analisis ini adalah :

Tabel 3.1 Water Depth yang digunakan dalam *In-Place Analysis* (PT. Marindotech, 2014)

No	Description	Value (ft)
1.	Astronomical Tide	2.30
2.	Storm Surge:	
a	1 year Operating	0.16
b	100 years Extreme	0.84
3.	Water depth:	
a	MLW	111.00
b	Max 1 year Operating	113.46
c	Max 100 years Extreme	114.14
d	Min 1 year Operating	108.70
e	Max 100 years Extreme	108.70
f	Seismic Condition	108.51
g	Fatigue Condition	113.69

b) Data Angin

Besar kecepatan angin dalam 1 jam yang digunakan dalam analisis *in-place* adalah:

Tabel 3.2 Kecepatan Angin dalam analisis *In-Place* (PT. Marindotech, 2014)

Periode Ulang	Kecepatan Angin(ft/s)
1-tahun kondisi operasi	60.21
100-tahun kondisi badai	139.07

c) Profil Arus

Kecepatan arus di permukaan maupun di *mudline* diambil dari data yang diberikan perusahaan sebagai berikut :

Tabel 3.3 Kecepatan Arus (PT. Marindotech, 2014)

Percent of Depth (%)	1 Year Operating	100 Year Storm
	Current Speed (ft/s)	Current Speed (ft/s)
0	3.44	6.1
10	2.89	4.84
20	2.49	3.91
30	2.2	3.24

Percent of Depth (%)	1 Year Operating	100 Year Storm
	Current Speed (ft/s)	Current Speed (ft/s)
40	1.99	2.75
50	1.83	2.39
60	1.72	2.12
70	1.64	1.93
80	1.58	1.79
90	1.53	1.69
100	1.5	1.61

d) Kriteria Gelombang

Tabel di bawah ini menjelaskan tinggi dan periode gelombang untuk kondisi 1 tahun operasi ataupun 100 tahun kondisi badai yang digunakan untuk analisis *In-Place*

Tabel 3.4 Kriteria Tinggi dan Periode Gelombang (PT. Marindotech, 2014)

Return Period	Maximum Wave Height (ft)	Maximum Wave Period (s)
1-year	12,11	7,64
100-years	30,31	10,18

e) *Marine Growth*

Penambahan ketebalan *Marine growth* pada *tubular member* yang digunakan dalam analisis ini adalah 1,5 inci dari MSL ke *Mudline*

f) Faktor Kinematik Gelombang

API RP 2A - LRFD, Bagian 2.3.1b (3) memungkinkan penggunaan faktor kinematika gelombang di kisaran 0,85-0,95 untuk badai tropis, diterapkan pada kecepatan horizontal dan percepatan dari gelombang reguler dua dimensi. Faktor rata-rata 0,8-0,85 telah diterapkan untuk 1 tahun dan 100 tahun periode ulang gelombang.

g) Koefisien Hidrodinamika

Berdasarkan API RP 2A – LRFD (ref. 1) *Drag Coefficient* (Cd) dan *Inertia Coefficient* (Cm) yang digunakan dalam analisis ini adalah :

Tabel 3.5 koefisien Hidrodinamika yang Digunakan dalam analisis
(API RP 2A LRFD, 1997)

Coefficient		Analysis Condition		
		In-place	Seismic	Fatigue
Cd	Smooth	0.65	0.65	0.50
	Rough	1.05	1.05	0.80
Cm	Smooth	1.60	1.60	2.00
	Rough	1.20	1.20	2.00

h) Batas Toleransi untuk Korosi

Batas toleransi ketebalan korosi adalah 1/8" untuk struktur utama di area *Splash Zone*, yaitu area yang berada di elevasi (+) 9'-0" sampai elevasi (+)13'-6".

i) Data Tanah

Data tanah sebagaimana yang tercantum dalam laporan "*Soil and Foundation Investigation Cinta Area*, Boring 6 Java Sea", Maret 1971, oleh McClelland Engineers Inc berupa data generator.

j) Penetrasi Pile

Platform ini mempunyai diameter 36" dan di penetrasi pada kedalaman 202' di bawah *mudline* untuk semua pile

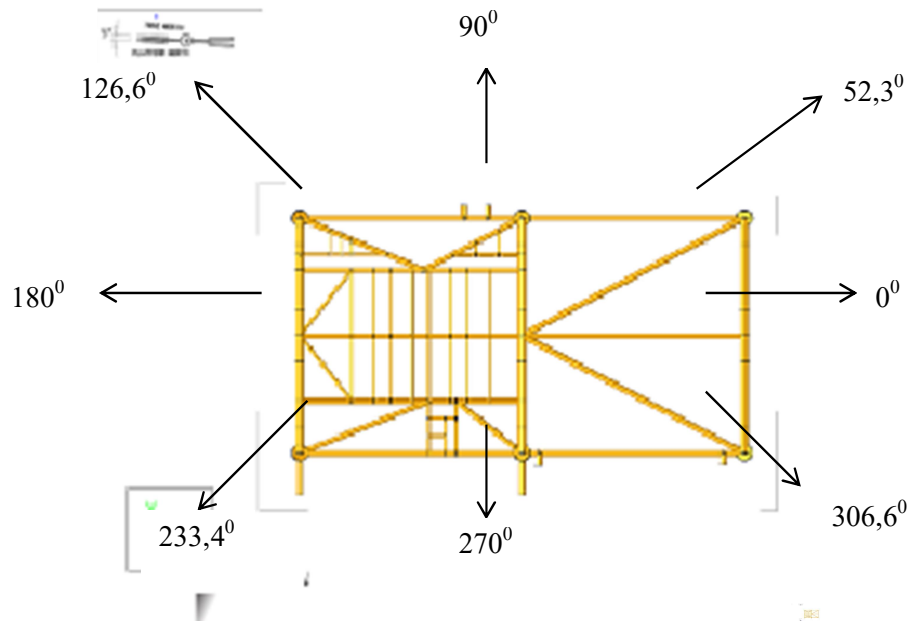
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

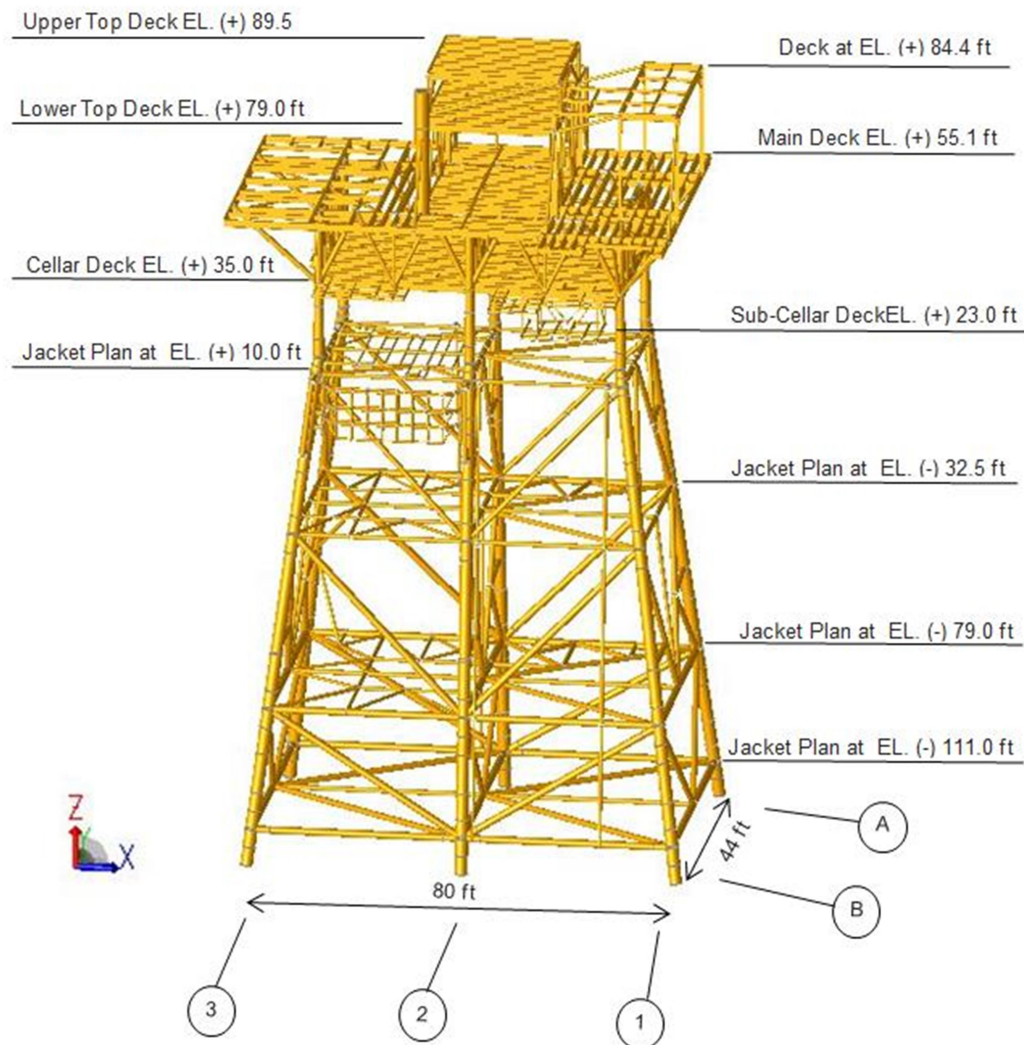
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Permodelan Struktur

Struktur Cinta-P *Platform* dimodelkan dengan menggunakan *software* SACS 5.6 data yang digunakan adalah data gambar dan data perhitungan struktur Cinta-P. Setelah struktur *deck* dan *jacket* dimodelkan maka dilakukan masukan input propertis dari tiap-tiap member. Hasil permodelan struktur dapat dilihat seperti Gambar 4.1,



Gambar 4.1 Arah Beban Struktur Cinta-P Platform



Gambar 4.2 hasil permodelan struktur Cinta-P Platform

4.2 Analisis statis *In-Place*

Analisis *In-place* adalah analisis suatu struktur (*platform*) dengan mempertimbangkan antara rasio tegangan aktual yang terjadi pada struktur dibandingkan dalam tegangan ijin (*allowable stress*) yang diindikasikan dengan UC (*unity check*) dengan batas nilai satu.

Proses awal dalam pengerjaan adalah melakukan permodelan struktur Cinta-P Platform sesuai dengan laporan. Kemudian input beban yang terjadi pada struktur dari hasil analisis beban yang terjadi pada struktur.

4.2.1 Pembebanan Pada Struktur

Berikut ini adalah nama beban yang terdapat dalam analisis *in-place*

Tabel 4.1 Pembebanan pada Struktur

LC	Description	Basic Weight Operating and Storm	Cont, Factor	Factored Weight Operating and Storm
A. Structure Generated Weight ¹⁾				
101	Structural Steel Weight (incl, Crane Pedestal)	1056,16	1,05	1108,97
B. Structure Non-Generated Weight				
401	Specific Equipment Load (Crane, Bridge Reaction, Firewall, Life Boat, New Installed	576,88	1,00	576,88
501	Jacket Appurtenance (Anode, Crown, Mudmat, Jacket walkway, Boatlanding	244,24	1,00	244,24
Subtotal Structure Non-Generated Weight		821,12		821,12
C. Blanket load ²⁾				
301	Main Deck Blanket loads	848,81	1,00	848,81
302	Cellar Deck Blanket loads	193,85	1,00	193,85
303	Sub-Cellar Deck Blanket loads	24,28	1,00	24,28
304	Lower Top Deck Blanket loads	150,08	1,00	150,08
305	Upper Top Deck Blanket loads	57,77	1,00	57,77
306	Deck at EL,(+) 84"-5" Blanket loads	52,25	1,00	52,25
Subtotal Blanket Load		1327,04		1327,04
D. Live Loads				
201	Main Deck Live loads	596,79	1,00	596,79
202	Cellar Deck Live loads	329,77	1,00	329,77
203	Sub-Cellar Deck Live loads	24,28	1,00	24,28
204	Lower Top Deck Live loads	106,21	1,00	106,21
205	Upper Top Deck Live loads	86,65	1,00	86,65
206	Deck at EL,(+) 84"-5" Live loads	53,73	1,00	53,73
Subtotal Live Loads		1197,43		1197,43
Total Topside Load A + B + C + D		4401,75		4454,56

Berikut ini adalah beban kombinasi operasi disertai data-data pembebanannya:

Tabel 4.2 Deskripsi Beban Kombinasi Operasi

Basic Load Description		In-Place Load Combination of High Water Level								
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
102	Low water operating condition	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
201	Live Load – Main Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
202	Live Load – Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
203	Live Load – Sub-Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
204	Live Load – Lower Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
205	Live Load – Upper Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
206	Live Load – Deck at EL,(+) 84"-5"	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
301	Blanket Load – Main Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
302	Blanket Load – Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
303	Blanket Load – Sub-Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
304	Blanket Load – Lower Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
305	Blanket Load – Upper Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
306	Blanket Load – Deck at EL,(+) 84"-5"	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
401	Specific Equipment Load	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
501	Jacket Appurtenance Load	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
701	Wave & Current High Water Op 0 deg	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-
702	Wave & Current High Water Op 56 deg	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
703	Wave & Current High Water Op 90 deg	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-
704	Wave & Current High Water Op124 deg	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-
705	Wave & Current High Water Op180 deg	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-
706	Wave & Current High Water Op 236 deg	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-
707	Wave & Current High Water Op 270 deg	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-
708	Wave & Current High Water Op 304 deg	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
801	1-year Wind Load X dir,	-	1,00	0,56	-	-0,56	-1,00	-0,56	-	0,56
802	1-year Wind Load Y dir,	-	-	0,83	1,00	0,83	-	-0,83	-1,00	-0,83

Berikut ini adalah beban kombinasi

Tabel 4.3 Deskripsi Beban Kombinasi Badai

Basic Load Description		In-Place								
		Load Combination of High Water Level								
		4000	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	4008
104	Low water Storm condition	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
201	Live Load – Main Deck	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
202	Live Load – Cellar Deck	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
203	Live Load – Sub-Cellar Deck	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
204	Live Load – Lower Top Deck	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
205	Live Load – Upper Top Deck	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
206	Live Load – Deck at EL,(+) 84"-5"	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
301	Blanket Load – Main Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
302	Blanket Load – Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
303	Blanket Load – Sub-Cellar Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
304	Blanket Load – Lower Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
305	Blanket Load – Upper Top Deck	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
306	Blanket Load – Deck at EL,(+) 84"-5"	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
401	Specific Equipment Load	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
501	Jacket Appurtenance Load	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
711	Wave & Current High Water St 0 deg	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-
712	Wave & Current High Water St 56 deg	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
713	Wave & Current High Water St 90 deg	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-
714	Wave & Current High Water St,124 deg	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-
715	Wave & Current High Water St 180 deg	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-
716	Wave & Current High Water St 236 deg	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-
717	Wave & Current High Water St 270 deg	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-
718	Wave & Current High Water St 304 deg	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
811	100-year Wind Load X dir,	-	1,00	0,56	-	-0,56	-1,00	-0,56	-	0,56
812	100-year Wind Load Y dir,	-	-	0,83	1,00	0,83	-	-0,83	-1,00	-0,83

Analisis ini akan diberikan 2 kondisi berbeda yaitu analisis *in-place* dengan kondisi operasi dan analisis *in-place* dengan kondisi badai.

4.2.2 Validasi model

Dalam tugas akhir ini perlu dilakukannya validasi model dari report milik perusahaan dengan analisis yang dilakukan dalam tugas akhir ini. Pada tugas akhir ini validasi yang dilakukan adalahh dengan membanding hasil pembebanan pada

report perusahaan dengan analisis struktur ini. Berikut perbandingan pada struktur Cinta-P Platform :

Tabel 4.4 Perbandingan Beban Struktur

SELFWEIGHT		SELISIH (%)
MODEL (kips)	EXISTING STRUCTURE (Kips)	
4401,75	4400,52	0,00027943

Dari perbandingan tersebut hasil selisih sangat kecil. Sehingga struktur ini *valid* dengan pekerjaan dilapangan.

4.3 Member Stress

Berikut ini adalah *unity check* (UC) yang dihasilkan dalam analisis *in-place* adalah minimum 1,0 kondisi operasi dan 1,3 untuk kondisi badai.

Tabel 4.5 *Unity Check Member* pada Kondisi Operasi dan Badai

Group	Member	Load Case	UC	Description (ODxWT)	Grade	Description
Kondisi Operasi 1 Tahunan						
PL2	104P-204P	1008	0,51	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
VJ5	410-304L	2007	0,15	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
DL1	605L-1002	2007	0,59	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Deck Leg
VJ4	401L-302L	2005	0,23	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
D02	413-411	2003	0,31	Ø 18"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
D03	415-467	1007	0,29	Ø 18"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
PL4	301P-401P	1002	0,48	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
PL5	501L-601L	2002	0,53	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
D01	404L-410	2003	0,22	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
VJ6	412-0002	2003	0,13	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
D04	402L-424	1006	0,76	Ø 12,75"x0,375"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
VJ0	305L-243	1003	0,11	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
LG6	334-303L	1004	0,16	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Leg
PL3	204P-304P	1008	0,47	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
VJ8	336-337	1005	0,12	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
LG8	403L-503L	1004	0,12	Ø 40"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Leg
LG5	403L-334	1004	0,09	Ø 40"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
Kondisi Operasi 100 Tahunan						
PL2	104P-204P	4007	2,35	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline

Group	Member	Load Case	UC	Description (ODxWT)	Grade	Description
VJ5	411-305L	4007	101,42	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
DL1	605L-1002	4007	1,24	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Deck Leg
VJ4	401L-302L	4006	1,04	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
D02	467-402L	4007	0,88	Ø 18"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
D03	415-467	4007	0,88	Ø 18"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
PL4	304P-404P	4007	0,87	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
PL5	505L-605L	4007	0,81	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
D01	410-401L	4007	0,78	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
VJ6	411-0001	4007	0,78	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
D04	402L-424	4007	0,76	Ø 12,75"x0,375"W,T	API 5L Gr B	Jacket Bracing
VJ0	302L-242	4007	0,70	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
LG6	332-301L	4007	0,69	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Leg
PL3	204P-304P	4007	0,69	Ø 36"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline
VJ8	401L-0000	4007	0,69	Ø 18"x0,5"W,T	API 5L Gr B	Jacket Diagonal Bracing
LG8	401L-501L	4007	0,68	Ø 40"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Jacket Leg
LG5	402L-336	4007	0,63	Ø 40"x1,00"W,T	API 5L Gr B	Pile Above Mudline

4.4 Pile Stress dan Pile Axial Capacity

Pile axial capacity, axial load dan Safety factor yang terjadi dalam kondisi badai dan operasi pada saat analisis pondasi:

Tabel 4.6 Hasil Analisis Pondasi

Pilehead Leg and no.		Pile Penetration (ft)	Pile Axial Load (Kips)	Pile Compression Capacity(Kips)	Pile Axial Safety Factor
Kondisi 1 Tahunan (SF > 2,0)					
101P	Row A1	202,0	938,2	2429,9	2,59, OK
102P	Row A2	202,0	867,7	2449,5	2,82, OK
103P	Row A3	202,0	714,1	2429,9	3,40, OK
104P	Row B1	202,0	944,0	2429,9	2,57, OK
105P	Row B2	202,0	881,7	2449,5	2,78, OK
106P	Row B3	202,0	723,6	2429,9	3,36, OK
Kondisi 100 Tahunan (SF > 1,5)					
101P	Row A1	202,0	1368,4	2429,9	1,78, OK
102P	Row A2	202,0	1185,6	2449,5	2,07, OK
103P	Row A3	202,0	1147,8	2429,9	2,12, OK
104P	Row B1	202,0	1352,1	2429,9	1,80, OK
105P	Row B2	202,0	1199,0	2449,5	2,04, OK
106P	Row B3	202,0	1157,2	2429,9	2,10, OK

Kondisi *safety factor pile* menurut API RP 2A LRFD 1997 untuk analisis *in-place* adalah minimum 2,0 untuk kondisi operasi dan 1,5 untuk kondisi badai. Sehingga berdasarkan Tabel 4.6 maka *safety factor pile* untuk analisis *in-place* sudah memenuhi standar.

4.5 Analisis Pushover

Berikut ini adalah hasil analisis *ultimate strength* (*Push over analysis*), Hasil analisis ini juga merupakan kekuatan cadangan struktur RSR (*Reserves Strength Ratio*), Berikut adalah tabel 4.7 analisis tersebut:

Tabel 4.7 RSR dan SR

Arah pembebanan	Load step	Load factor	Base Shear (Kips)			RSR	SR
			Awal	1 member collapse	Struktur collapse		
0	136	2,29	1520,1	3573,03	4378,35	2,351	2,880
53,4	50	1,49	1578,52	2351,99	3704,61	1,490	2,347
90	60	1,59	1638,48	2606,16	3823,91	1,591	2,334
126,6	140	2,39	1048,99	2507,15	3689,14	2,390	3,517
180	525	6,25	504,43	3371,74	3518,07	6,684	6,974
233	19	1,18	2042,15	2409,72	3264,1	1,180	1,598
270	12	1,11	2447,09	2716,27	3378,18	1,110	1,380
306,6	50	1,52	1681,46	2555,75	3125,26	1,520	1,859

RSR dari struktur Cinta-P Platform tersebut masih dalam batas aman karena lebih besar dari 0,8 menurut standar aturan API RP 2A LRFD, dan dikategorikan *low consequence*.

4.6 Analisis Keandalan

Pada Struktur Cinta-P Platform diperlukan analisis keandalan untuk mengetahui kondisi platform saat terkena beban gelombang. Analisis ini diwakilkan oleh member-member tertentu yaitu member yang mengalami kegagalan saat dilakukan analisis *pushover*. Persamaan moda kegagalan yang dimasukkan untuk data input terdapat beban *axial*, Rumus persamaan kapasitas struktur dan *bending* momen ditunjukkan pada persamaan 4.1:

$$w = 1 - \cos \left[\frac{\pi}{2} \left| \frac{P}{P_n} \right| \right] + \left| \frac{\sqrt{(My)^2 + (Mz)^2}}{M_p} \right| \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana :

P = *axial load* pada elemen *member* (Kips)

P_n = *ultimate axial capacity* (Kips)

M_y = *bending* momen pada elemen *member* arah y axis (kips-in)

M_z = *bending* momen pada elemen *member* arah z axis (kips-in)

M_p = *plastic bending* momen pada elemen *member* (kips-in)

Dari persamaan tersebut dapat disubstitusikan dalam rumus persamaan moda kegagalan keandalan yang ditunjukkan pada persamaan 4.2

$$MK = 1 - w \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 4.1 ke persamaan 4.2 didapat dformulasi moda kegagalanya, yang ditunjukkan pada persamaan 4.3 :

$$MK = 1 - \left[1 - \cos \left[\frac{\pi}{2} \left| \frac{P}{P_n} \right| \right] + \left| \frac{\sqrt{(M_y)^2 + (M_z)^2}}{M_p} \right| \right] \dots \dots \dots (4.3)$$

Dengan menentukan moda kegagalan dapat ditentukan *variable random* dari persamaan moda kegagalan diatas. Variabel yang ditentukan dalam simulasi *monte carlo* adalah P , M_y , M_z dan M_p . Mentransformasikan *Random Number Generator* (RNG) untuk tiap-tiap variabel serta menjadikan sebagai fungsi kerapatan peluang kegagalan adalah hal penting dalam melakukan simulasi ini.

Besar nilai *Coefficient of Varian* (COV) diasumsikan 0,3 untuk *design level* sedangkan 0,15 untuk kondisi *ultimate* (Moses, 1986).

Persamaan untuk distribusi *lognormal* ditunjukkan pada persamaan 4.4 dan 4.5:

Lognormal Random Variabels

$$\sigma^2 \ln(x) = \ln(V_x^2 + 1) \dots \dots \dots (4.4)$$

$$\mu \ln(x) = \ln(\mu_x) - \frac{1}{2} \sigma^2 \ln(x) \dots \dots \dots (4.5)$$

Dengan *random variable* yang sudah ditentukan maka simulasi ini dapat dilakukan dengan iterasi 100.000 kali untuk mendapatkan hasil akurat.

Pada tabel berikut ini adalah salah satu simulasi montecarlo yang dilakukan pada tugas akhir ini.

Table 4.8 merupakan *member* LG1 pada 101L-201L di arah pembebanan 56 derajat.

Tabel 4.8 Penentuan Log Normal Variabel pada *member* 101L-201L

Variabel	Mean	SD	COV	Distribusi
P (kips)	29,08	8,7246	0,3	Lognormal
My (kips-in)	1426,5	427,95	0,3	Lognormal
Mz (kips-in)	1276,9	383,07	0,3	Lognormal
Pn (kips)	1387,42	208,11	0,15	Normal
Mp (kips-in)	11903,6	1785,5	0,15	Normal

Selanjutnya melakukan simulasi monte carlo yang dilakukan iterasi sebanyak 100000 kali berikut ini merupakan hasil dari simulasi monte carlo yang dilakukan sebanyak 10 kali

Tabel 4.9 Simulasi Monte Carlo pada *member* 101L-201L

n	a1	P (kips)	a2	My (kips-in)	a3	Mz (kips-in)	a4	Pn (kips)	a5	Mp (kips-in)	MK	Status
1	0,6	184,56	0,45	568,9	0,34	239,829	0,906	1661,2	0,37	11311,7	0,97	1
2	0,85	230,94	0,39	544,6	0,58	288,267	0,515	1395,4	0,668	12677,3	0,95	1
3	0,26	142,01	0,04	350,6	0,41	254,676	0,662	1474,2	0,608	12392,7	0,98	1
4	0,37	155,91	0,59	628,5	0,77	336,055	0,233	1235,8	0,566	12201,3	0,97	1
5	0,78	214,47	0,3	506,6	0,14	197,192	0,251	1248	0,855	13794,1	0,95	1
6	0,31	147,74	0,22	471,3	0,17	205,023	0,651	1468,3	0,304	10990,1	0,98	1
7	0,01	90,238	0,76	724	0,59	290,887	0,005	852,7	0,981	15618	0,98	1
8	0,21	135,7	0,67	671,3	0,73	326,182	0,378	1323	0,104	9657,91	0,97	1
9	0,8	219,9	0,4	547,9	0,61	296,07	0,901	1655,1	0,675	12715,6	0,97	1
10	0,59	183,25	0,27	491,6	0,59	291,577	0,556	1416,5	0,903	14222,2	0,97	1

Dari hasil Tabel 4.9 setelah dilakukan 100.000 kali iterasi dari arah pembebanan 56 derajat, berikut ini hasil simulasi monte carlo tiap *member* pada arah pembebanan 56 derajat (load factor = 1,45)

Tabel 4.10 Hasil Simulasi Monte Carlo arah pembebanan 56 derajat

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	PoF	K
40	101P-201P	PL2	0,5018	0,4982
49	101P-201P	PL2	0,4976	0,5024

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	PoF	K
49	106P-206P	PL2	0,4992	0,5008
58	101P-201P	PL2	0,4974	0,5026
58	106P-206P	PL2	0,4982	0,5018
67	110-104L	A01	0,5012	0,4988
67	101P-201P	PL2	0,5043	0,4957
67	102P-202P	PL2	0,4987	0,5013
67	105P-205P	PL2	0,4935	0,5065
67	106P-206P	PL2	0,4986	0,5014
76	110-104L	A01	0,5375	0,4625
76	101P-201P	PL2	0,5015	0,4985
76	102P-202P	PL2	0,4951	0,5049
76	105P-205P	PL2	0,4955	0,5045
76	106P-206P	PL2	0,5028	0,4972
85	110-104L	A01	0,5070	0,4930
85	101P-201P	PL2	0,5009	0,4991
85	102P-202P	PL2	0,4953	0,5047
85	105P-205P	PL2	0,5004	0,4996
85	106P-206P	PL2	0,5029	0,4971
94	110-104L	A01	0,5352	0,4649
94	101P-201P	PL2	0,4988	0,5012
94	102P-202P	PL2	0,4970	0,5030
94	105P-205P	PL2	0,4981	0,5019
94	106P-206P	PL2	0,4964	0,5036
103	110-104L	A01	0,5074	0,4926
103	101P-201P	PL2	0,4972	0,5028
103	102P-202P	PL2	0,5048	0,4952
103	105P-205P	PL2	0,4971	0,5029
103	106P-206P	PL2	0,5033	0,4967
112	110-104L	A01	0,9289	0,0711
112	101P-201P	PL2	0,4976	0,5024
112	102P-202P	PL2	0,5024	0,4976
112	105P-205P	PL2	0,4980	0,5020
112	106P-206P	PL2	0,4837	0,5163
121	110-101L	A01	0,0196	0,9804
121	110-104L	A01	0,6709	0,3291
121	101P-201P	PL2	0,4841	0,5159
121	102P-202P	PL2	0,5025	0,4975
121	105P-205P	PL2	0,5019	0,4981
121	106P-206P	PL2	0,4982	0,5018
130	110-101L	A01	0,8969	0,1031
130	110-104L	A01	0,6158	0,3842
130	101P-201P	PL2	0,5297	0,4703
130	102P-202P	PL2	0,5015	0,4985
130	105P-205P	PL2	0,4974	0,5026
130	106P-206P	PL2	0,5030	0,4970

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	PoF	K
135	110-101L	A01	0,0316	0,9684
135	110-104L	A01	0,7109	0,2891
135	101L-201L	LG1	0,9694	0,0306
135	227- 215	B03	0,4992	0,5008
135	101L-102L	LG1	0,0000	1,0000
135	101P-201P	PL2	0,3322	0,6678
135	102P-202P	PL2	0,4978	0,5022
135	105P-205P	PL2	0,5017	0,4983
135	106P-206P	PL2	0,4990	0,5010

Dari data di atas *member* mengalami perubahan pada PoF jika ditambahkan beban *increment*. *Member* tersebut adalah 110-104L yang dilihat dari perubahan PoF saat load step 67 sampai 135. Pada saat *member* 110-104L mengalami *load step* 135 PoF sebesar 0,9. oleh sebab itu, semakin besar beban *increment* yang diberikan semakin besar juga PoF-nya.

Member 101L-102L memiliki pof terkecil karena *member* tersebut baru mengalami keruntuhan pada saat increment 135 dengan hasil pof 0. Hasil terkecil dikarenakan *axial load* pada *member* nya kecil dan *ultimate axial* yang besar. Sehingga pof pada *member* tersebut nol.

Setelah mendapatkan PoF, perlunya untuk menentukan PoF sistem untuk mengetahui pof pada tiap arah pembebanan yang terjadi pada struktur. Menentukan PoF Sistem dengan metode *reability block diagram*. Untuk rangkaian seri dalam *member* yang mengalami kegagalan pada kondisi *incremental load* yang sama sedangkan untuk rangkaian parallel adalah saat *member* mengalami kegagalan pada kondisi *incremental load* yang berbeda. Berikut ini sebagai contoh keandalan sistem pada arah 180 derajat.

Tabel 4.11 Hasil Simulasi *Monte Carlo* arah pembebanan 180 derajat

No.	LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	PoF	K
1	518	101P-201P	PL2	0,5007	0,49928
2	526	101P-201P	PL2	0,4994	0,50056
3	526	103P-203P	PL2	0,5011	0,49891

No.	LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	PoF	K
4	534	101P-201P	PL2	0,5	0,50002
5	534	103P-203P	PL2	0,4975	0,50252
6	542	101P-201P	PL2	0,4996	0,50038
7	542	103P-203P	PL2	0,4974	0,50264
8	542	104P-204P	PL2	0,4997	0,50026
9	542	106P-206P	PL2	0,5038	0,49622
10	550	313-306L	C02	0,5105	0,48952
11	550	344-305L	C02	0,5002	0,49977
12	550	346- 344	C02	0,5005	0,49948
13	550	304L- 346	C02	0,4158	0,58416
14	550	305L- 313	C04	0,4985	0,50153
15	550	313- 317	C05	0,001	0,99896
16	550	321- 313	PL2	0,96	0,04
17	550	101P-201P	PL2	0,5002	0,49984
18	550	103P-203P	PL2	0,4984	0,50156
19	550	104P-204P	PL2	0,4997	0,50029
20	550	106P-206P	PL2	0,5004	0,49962
21	550	304L-205L	VJ2	0,5013	0,4987

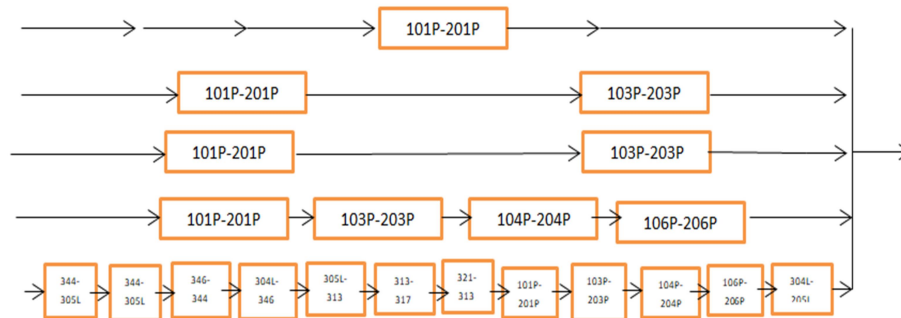
Untuk mendapatkan PoFs (*probability of failure sistem*) maka perlu menggunakan metode *Realibilty Block Diagram*. Metode ini ada dua yang digunakan pada rangkaian seri dan rangkaian parallel. Untuk menghitung rangkaian seri dengan rumus persamaan 4.6:

$$K_{\text{seri}} = K_1 * K_2 * K_3 \dots \dots \dots (4.6)$$

Berikut contoh perhitungan pada arah pembebanan 180 derajat

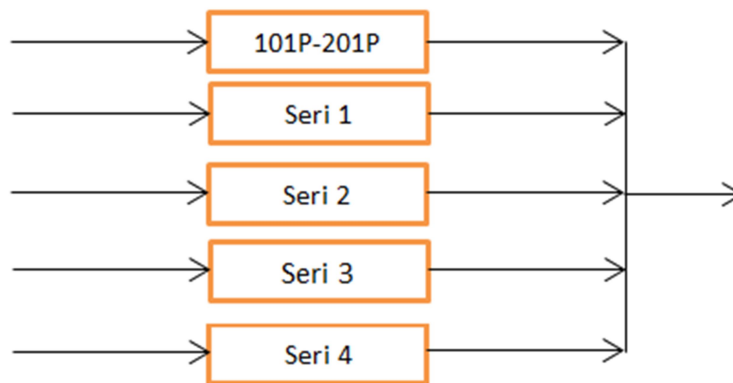
Keandalan Sistem Seri :

Diliat dari *member* nya untuk rangkaian block diagram arah pembebanan 180 derajat:



Gambar 4.3 RBD rangkaian sistem arah 180 derajat

Maka rangkaian Sistem paralel dalam arah 180 derajat,



Gambar 4.4 RBD rangkaian sistem arah 180 derajat yang sudah dikelompokkan

Berikut ini hasil dari perhitungan pof dari *member* ini

Maka perhitungan dalam arah pembebanan 180 derajat :

$$\text{Seri 1} = (101\text{P}-201\text{P}) * (103\text{P}-203\text{P}) \dots \dots \dots (4.7)$$

$$\text{Seri 2} = (101\text{P}-201\text{P}) * (103\text{P}-203\text{P}) \dots \dots \dots (4.8)$$

$$\text{Seri 3} = (101\text{P}-201\text{P}) * (103\text{P}-203\text{P}) * (104\text{P}-204\text{P}) * (106\text{P}-206\text{P}) \dots (4.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Seri 4} = & (313-306\text{L}) * (344-305\text{L}) * (346-344) * (304\text{L}-346) * \\ & (305\text{L}-313) * (313-317) * (321-313) * (101\text{P}-201\text{P}) * \\ & (103\text{P}-203\text{P}) * (104\text{P}-204\text{P}) * (106\text{P}-206\text{P}) * (304\text{L}-205\text{L}) \dots (4.10) \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Hasil Keandalan sistem rangkaian seri pada arah pembebanan 180 derajat

101P-201P	0,50
Kseri 2	0,24973
Kseri 3	0,25127
Kseri 4	0,06243
Kseri 5	4,5E-05

Setelah dapat hasil tersebut menggunakan rumus rangkaian paralel adalah

$$K_{\text{paralel}} = 1 - (1 - K_{s1}) * (1 - K_{s2}) * \dots * (1 - K_{sn}) \dots \dots \dots (4.11)$$

Kemudian persamaan 4.11 mensubstitusikan table 4.12 maka menjadi persamaan 4.12:

$$K_{\text{paralel}} = 1 - ((1 - (101P - 201P)) * (1 - K_{\text{seri1}}) * (1 - K_{\text{seri2}}) * (1 - K_{\text{seri3}}) * (1 - K_{\text{seri4}}) \dots \dots \dots (4.12)$$

Maka hasil dari rangkaian paralel merupakan hasil Keandalan sistem pada arah pembebanan 180 derajat. Berikut ini hasil dari semua keandalan sistem dan hasil Pof sistem pada Struktur Cinta-P Platform :

Tabel 4.13 Hasil PoF Sistem Struktur Cinta-P Platform

Arah Pembebanan	Pofs	Ks
0 ⁰	0,264919	0,735081
52,3 ⁰	0,115271	0,884729
90 ⁰	0,211175	0,788825
126,6 ⁰	0,166596	0,833404
180 ⁰	0,263704	0,736296
233,4 ⁰	0,431523	0,568477
270 ⁰	0,475811	0,524189
306,6 ⁰	0,34589	0,65411

Dari table diatas terkecil dari PoFs adalah arah pembebanan 52,3 derajat. Maka semakin kecil pof nya semakin tinggi keandalan sistem pada struktur Cinta-P Platform. Dengan keandalan terkecil pada arah pembebanan 270 derajat. Dikarenakan PoF yang besar.

4.7 Matrix Resiko

Penilaian resiko pada tugas akhir ini menuju pada *codes* DNV RP G-101 berbeda dengan API RP 2 SIM yang hanya menyebutkan ukuran kualitatif dari masing-masing *likelihood*, *codes* ini memiliki batasan kuantitatif untuk probabilitas kegagalan. Sehingga sesuai dengan perhitungan peluang kegagalan yang telah dihitung dan dapat langsung diplot kedalam matriks resiko. Disamping itu, *codes* ini memiliki pembahasan yang sangat komprehensif untuk penilaian konsekuensi kegagalan, dimana konsekuensi kegagalan juga membahas permasalahan *safety* yang menyangkut korban jiwa, efek lingkungan dan aspek *frugal* melalui kerugian finansial yang ditanggung perusahaan apabila struktur runtuh,

Penilaian resiko menggunakan *codes* DNV RP G-101 ini dengan mempertimbangkan dua hal yaitu *probability of failure* (peluang kegagalan) dan *consequence of failure* (konsekuensi kegagalan). Untuk peluang kegagalan digunakan nilai dari analisis keandalan yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya. Berikut adalah kesimpulan peluang kegagalan struktur cinta-p platform.

Dari tabel 4.13 peluang kegagalan dapat dikategorikan bahwa struktur Cinta-P platform sebagai berikut:

Tabel 4.14 Peluang Kegagalan Menurut DNV RP G-101

Table 4-1 Probability of failure description			
Cat.	Annual failure probability		Description
	Quantitative	Qualitative	
5	$> 10^{-2}$	Failure expected	(1) In a small population*, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in location.
4	10^{-3} to 10^{-2}	High	(1) In a large population**, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.
3	10^{-4} to 10^{-3}	Medium	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in operating company.
2	10^{-5} to 10^{-4}	Low	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.
1	$< 10^{-5}$	Negligible	(1) Failure is not expected. (2) Failure has not occurred in industry.

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa deskripsi peluang kegagalan berada pada kategori lima untuk struktur Cinta-P Platform yakni memungkinan terjadi kegagalan saat operasi berlangsung. Selain nilai kuantitatif dari peluang kegagalan, konsekuensi kegagalan juga perlu dipertimbangkan, yakni kegagalan

terjadi berkali-kali dalam satu tahun. Sedangkan untuk struktur. Dalam penelitian ini, konsekuensi kegagalan berdasarkan DNV RP G-101 dibagi menjadi tiga aspek. Ketiga aspek tersebut adalah keselamatan manusia (*human safety*), dampak lingkungan (*environment*) dan kerugian ekonomi (*business*) seperti yang telah ditampilkan pada tabel 4.15 :

Tabel 4.15 Konsekuensi Kegagalan Menurut DNV P G-101

Rank	CoF Human Safety	CoF Environment	CoF Business
A	Insignificant	Insignificant	Insignificant
B	Slight/minor injury	Slight/minor effect	Slight/minor damage
C	Major injury	Local effect	Local damage
D	Single fatality	Major effect	Major damage
E	Multiple fatalities	Massive effect	Extensive damage

Untuk CoF (*Consequence of Failure*) *personal safety*, struktur *Cinta-P platform* sebagai struktur *unmanned* sehingga tidak berpengaruh secara signifikan jika kegagalan struktur terjadi. Sebagaimana dalam penjelasan DNV terkait konsekuensi *human safety* sebagai berikut :

Tabel 4.16 Diskripsi Konsekuensi Kegagalan Aspek *Human Safety*

Category Level	Consequences of failure	
	Human Safety	Description
A	Insignificant	No person are injured
B	Minor injury	Slighty injury, absence < 2 days
C	Major injury	Serious injury, absence > 2 days
D	Single fatality	Single fatality or permanent disablity
E	Multiple fatality	More than one fatality

Untuk CoF (*Consequence of Failure*) *Enviroment*, Struktur *Cinta-P Platform* sebagai struktur produksi minyak maka apabila terjadi kegagalan pada struktur ini akan berdampak pada lingkungan sekitar. ketika struktur mengalami runtuh dapat menyebabkan ledakan pada *platform*. Sehingga konsekuensi

kegagalan dari faktor lingkungan dapat dikatakan single effect, sebagaimana penjelasan DNV pada tabel 4.7 :

Tabel 4.17 Diskripsi konsekuensi kegagalan aspek *environment*

Category Level	Consequences of failure	
	Environment	Description
A	Insignificant	No pollution
B	Minor effect	Minor local effect, can be cleaned up easily
C	Major effect	Significant local effect, will take more than 1 man week to remove
D	Single effect	Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem
E	Massive effect	Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem

Untuk CoF (*Consequence of Failure*) *business*, apabila terjadi kegagalan pada struktur Cinta-P *Platform*, maka operasi pada produksi minyak, Akan mengalami *downtime* sehingga berdampak pada kerugian *finansial*. Asumsi waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki struktur ini selama satu tahun sehingga *downtime* yang terjadi selama satu bulan, untuk itu konsekuensi faktor ekonomi ini dikategorikan pada level D sebagaimana penjelasan dari DNV pada tabel 4.18

Tabel 4.18 Diskripsi konsekuensi kegagalan aspek *business*

Category Level	Consequences of failure	
	Business	Description
A	Insignificant	No downtime or asset damage
B	Minor damage	Downtime < one shift or < €10,000 damage
C	Major damage	Downtime < 4 shift or < € 100,000 damage
D	Single damage	Downtime < one month or < € 1,000,000 damage
E	Massive damage	Downtime < one year or < € 10,000,000 damage

Output dari penilaian resiko adalah memetakan tingkat resiko yang terjadi berada pada tingkat yang berbahaya atau tidak, disamping penilaian resiko tersebut harus diikuti dengan rekomendasi mitigasi. Dari hasil matriks resiko di atas *human safety* dan *enviorenment* berada di tingkat resiko menengah sedangkan *business* pada resiko tinggi.

Berikut merupakan matriks resiko struktur Cinta-P Platform dari tiap aspek berdasarkan kensekuensi-konsekuensi DNV RP G-101:

Tabel 4.19 Matriks Resiko *Human Safety* Struktur Cinta-P Platform

<i>Human Safety</i>	CoF Scale				
PoF Rank	A	B	C	D	E
5	Struktur Cinta-P Platform				
4					
3					
2					
1					

Tabel 4.20 Matriks Resiko *Environment* Struktur Cinta-P Platform

<i>Environment</i>	CoF Scale				
PoF Rank	A	B	C	D	E
5				Struktur Cinta-P Platform	
4					
3					
2					
1					

Tabel 4.21 Matriks Resiko *Business* Struktur Cinta-P Platform

<i>Business</i>	CoF Scale				
PoF Rank	A	B	C	D	E
5				Struktur Cinta-P Platform	
4					
3					
2					
1					

Pada struktur Cinta-P Platform aspek *bussiness* dan *environment* berada pada level *high risk*. Sedangkan aspek *human safety* berada pada level *medium risk*. Dari hasil tersebut matriks resiko pada struktur Cinta-P Platform termasuk *high risk* jika terjadi. Karena pada segi *environment* dapat merusak laut jika mengalami tertumpahnya minyak ke laut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Reserved strength ratio* (RSR) dari Struktur Cinta-P Platform terkecil adalah pada arah pembebanan 270 derajat sebesar 1,110.
2. *Probability of failure* (PoF) sistem struktur Cinta-P Platform terkecil 0,11 pada arah pembebanan 52,3 derajat. PoF ini termasuk dalam kategori peluang kegagalan *failure expected* berdasarkan matriks resiko DNV RPG 101
3. Berdasarkan hasil analisis matriks resiko DNV RPG 101 dapat diambil kesimpulan bahwa Struktur Cinta-P Platform memiliki level *medium risk* pada aspek *human safety* karena platform tidak menimbulkan *fatality* terhadap personal dan *level high risk* pada aspek *environment* dan *business*. Aspek keruntuhan *environment* dapat menyebabkan kerusakan laut jika terjadi *oil spill* pada *platform* ini. Sedangkan aspek keruntuhan *business* dapat menyebabkan ganti rugi yang besar dengan terjadinya kerusakan pada *jacket* struktur.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlunya mengambil analisis *pushover* terhadap tubular *joint* dengan menentukan *finite elemen method* dari *ultimate* struktur tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. (2000). **Recommended Practice For Planning and Constructing Fixed Offshore Platform – Working Stress Design API Recommended Practice 2A (RP 2A) WSD**
- American Petroleum Institute. (1997). **Recommended Practice For Planning and Constructing Fixed Offshore Platform – Load and Resistance Factor Design API Recommended Practice 2A (RP 2A) LRFD**
- Andrews J. D, Moss T. R. (2002). **Reliability and Risk Assessment**, Second Edition, ASME PRESS, Three Park Avenue, USA
- Bai, Y. (2003). **Marine Struktural Design**. Elsevier Science: Houston. USA.
- Bolt, H. M., Billington, C.J., and Ward, J.K. (1995). **A Review of the Ultimate Strength of Tubular Framed Structures**. Health and Safety Executive – Offshore Technology Report OTH 92 365, HSE Books, London.
- Chakrabarti, et all. 2005. **Handbook of Offshore Engineering**. Elsevier Science: Houston. USA.
- Cossa, N. J., Potty, N. S., Liew, M. S., Idrus, A. B. (2011), **Reliability Analysis of Tubular Joints of Offshore Platforms in Malaysia**, World Academy of Science, Engineering and Technology, 60,pp. 838-844.
- Det Norske Veritas. (2002). **Risk Based Inspektion of Offshore Topside Static Mechanical Equipment**. DNV- RP-G101.
- Fayazi, A., Aghakouchak, A. (2015) . **Reliability Based Assessment of Existing Fixed Offshore Platforms Located in the Persian Gulf**. International Journal Of Maritime Technology.
- Hastanto, E. S. (2005) **Analisis Ultimate Strength Struktur Jacket LE Berbasis Keandalan**. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.
- Miri. Y., Fitriawan. B., (2010). **Complete Inspection Report CINTA P BKI-2010**. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.

- Nelson, A., (2003), **Technical performance measures for North Sea jacket structures**, Health and Safety Executive – Offshore Technology Report No. 094, EQE International Limited, Warrington.
- Kristyanto, Budi. (2004) **Analisis Keandalan Struktur Jacket MOGPU Platform dengan SFEM Metode Keruntuhan Pendekatan Perairan Natuna**. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.
- Idrus, A. B., Potty, N. S., Nizaman, Z. (2011). **Tubular Strength Comparison Of Offshore Jacket Structures Under API RP2A and ISO 19902**. Department of Civil Engineering. Universiti Teknologi PETRONAS. Malaysia
- ISO. (2000). **Proccess Management**. International Standarization Organization.
- ISSC. (2006). **Ultimate Strength**. Volume. 1. Southampton, UK.
- Popov, E. P. (1993). **Mekanika Teknik**. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- PT. Marindotech. (2014). **Requalification Report For Cinta-P PlatformRequalification**. Jakarta.
- Potty, N. S., Sohaimi, A. F. A. (2013). **Ultimate Strength Assesment For Fixed Steel Offshore Platform**. Department of Civil Engineering, Universiti Teknologi PETRONAS. Malaysia
- Robayasa, N. I. (2012). **Analisis Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Well Tripod Platform Berbasis Resiko**. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.
- Rosyid, D. M. (2007). **Pengantar Rekayasa Keandalan**, Airlangga University Press, Surabaya.
- Soedjono, J. J. (1999). **Perancangan Sistem Bangunan Laut**, Fakultas Tekonologi Kelautan
- Wibowo, D. A. (2012). **Analisis Kelelahn Berbasis Resiko pada APNE-B Monopod Platform Untuk Menentukan Interval Waktu Inspeksi**. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.

Lampiran A

**GAMBAR MODEL
COLLAPSE**

LOAD STEP 189

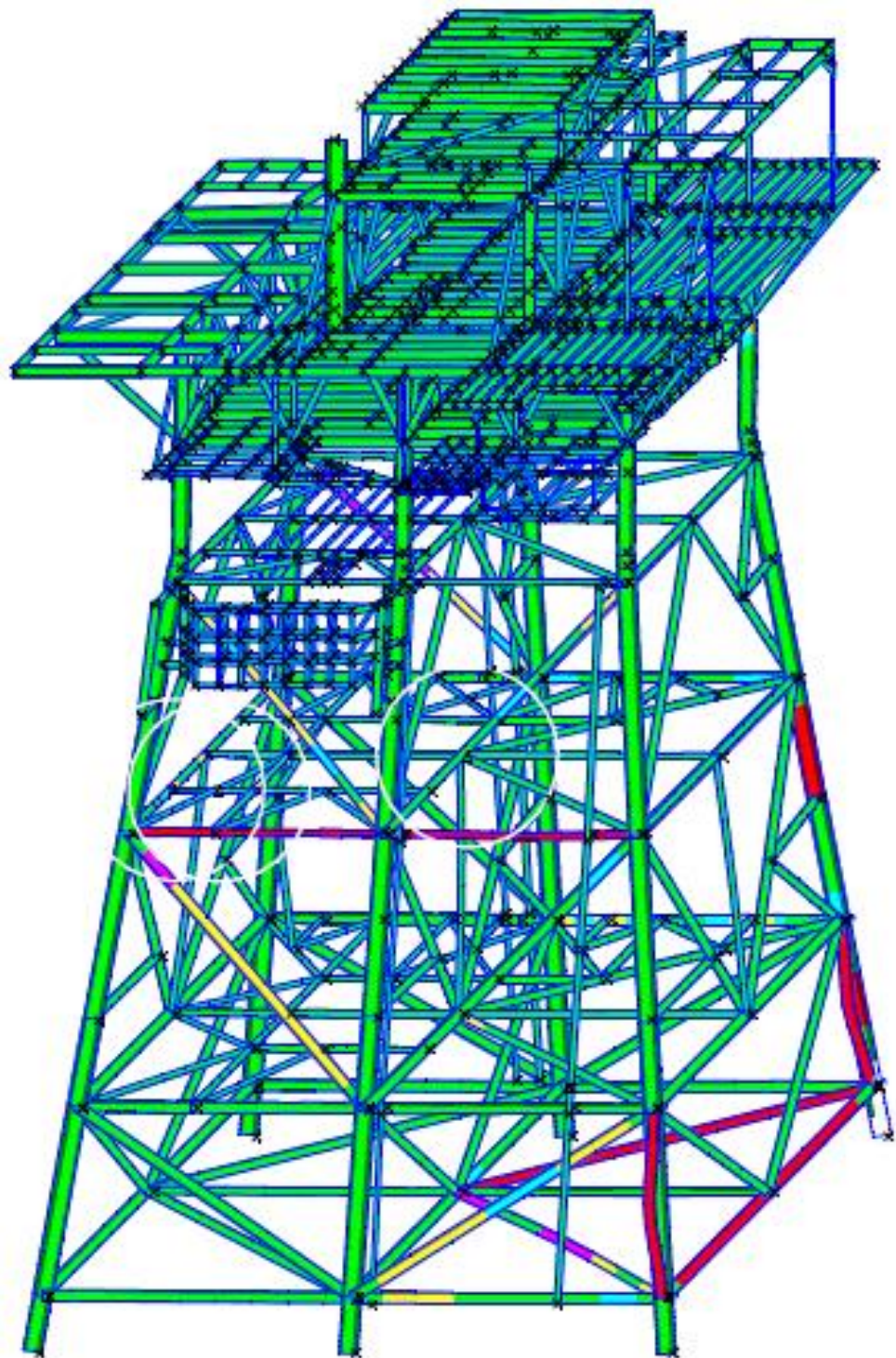
LOAD FACTOR 2.00

BASE SHEAR 8179.35

DEFL. FACTOR 1.00

LOAD COND T11

PLASTICITY



LOAD STEP 336

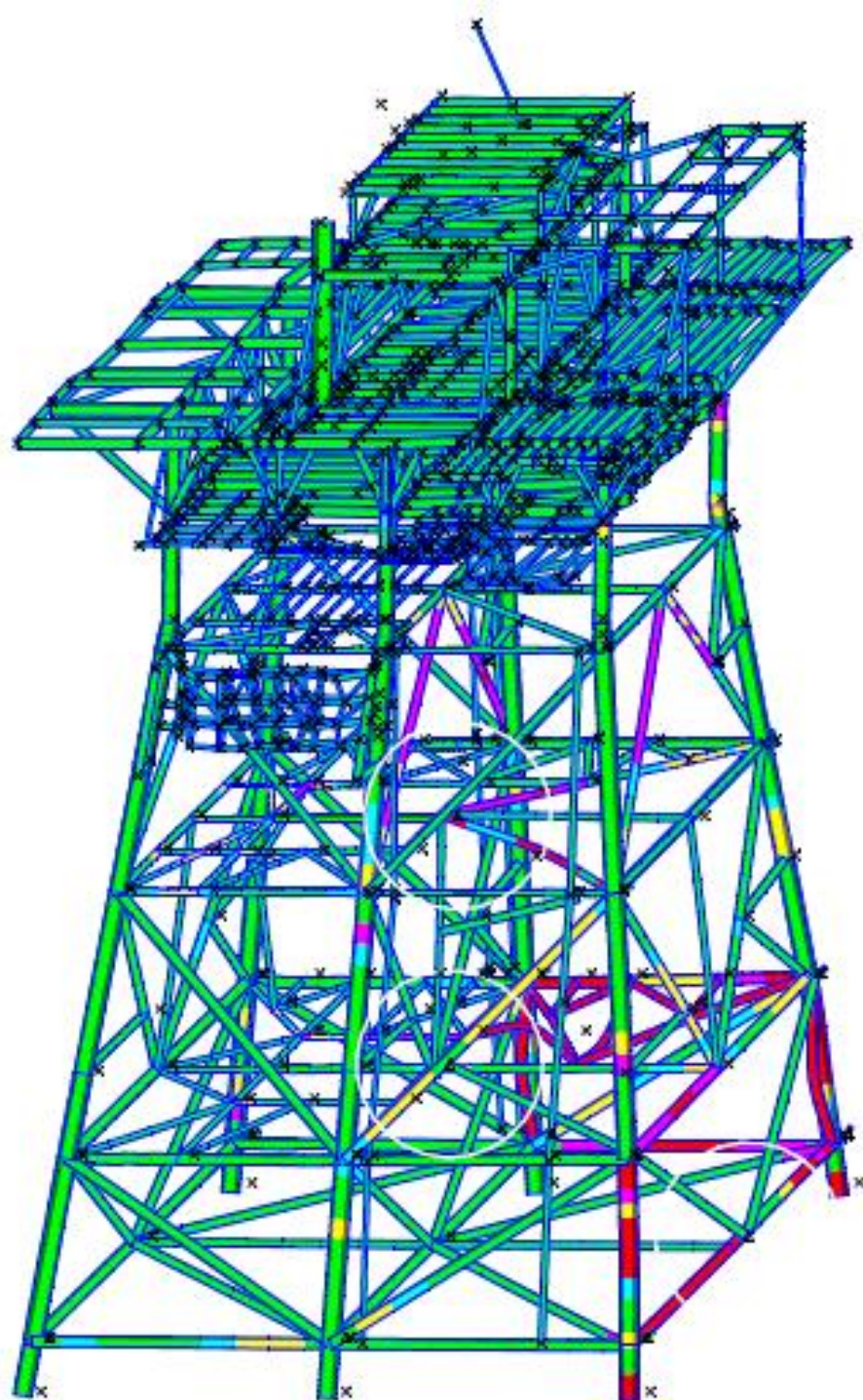
LOAD FACTOR 2.35

BASE SHEAR 3704.61

SEFL. FACTOR 1.00

LOAD COND 112

PLASTICITY



LOAD STEP 135

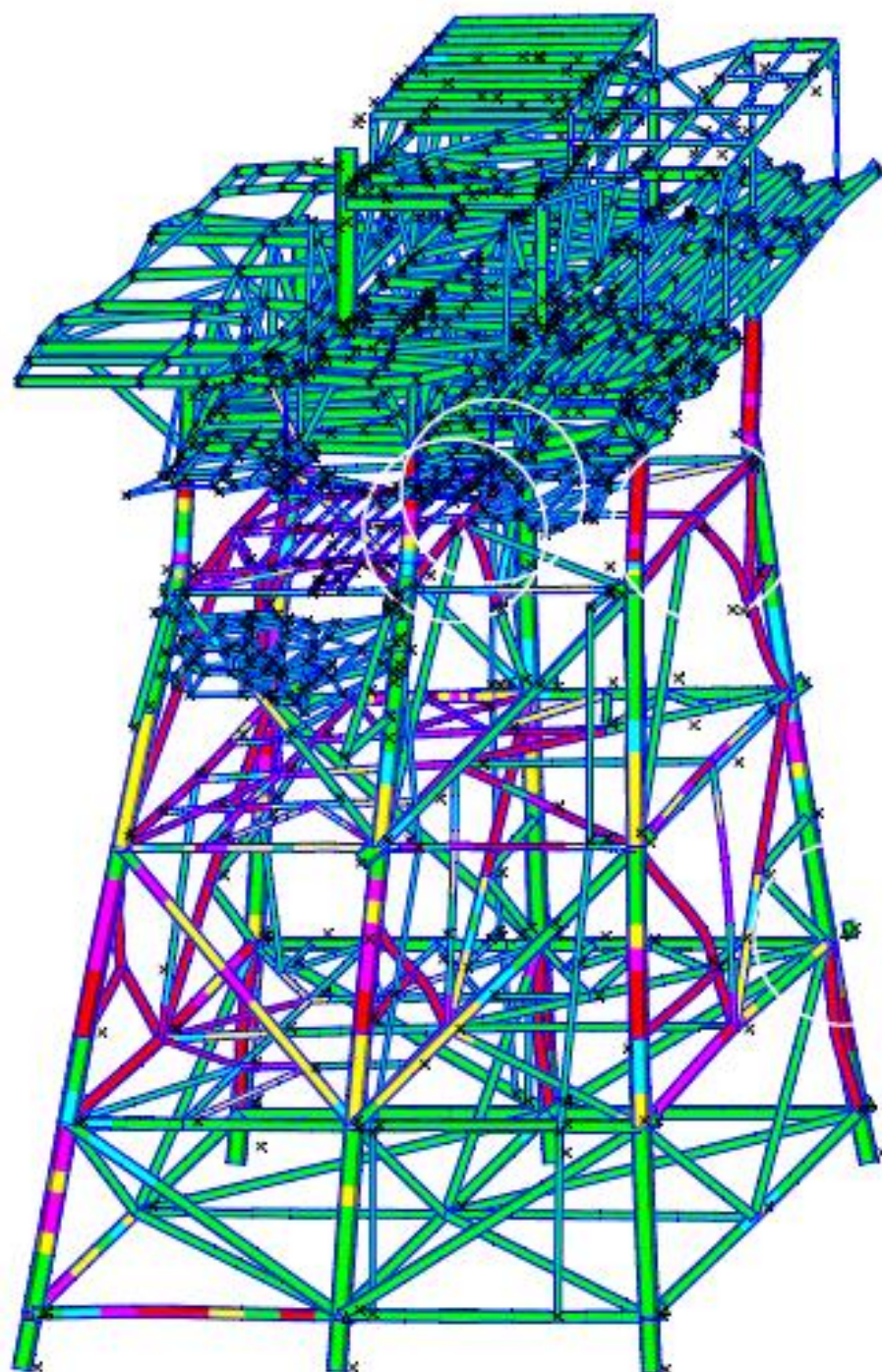
LOAD FACTOR 2.34

BASE SHEAR 3021.91

DEFL. FACTOR 1.00

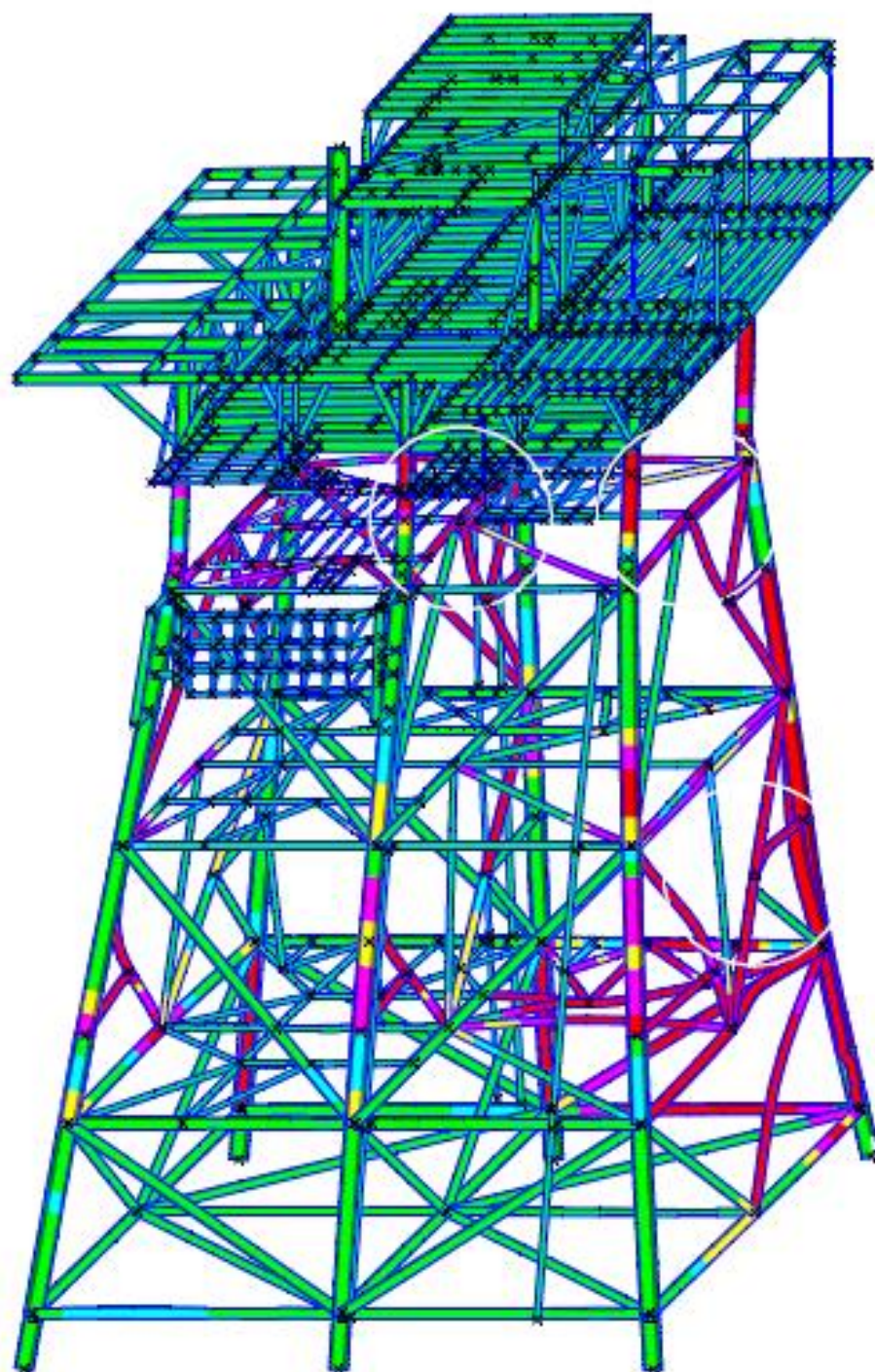
LOAD COND T13

PLASTICITY



LOAD STEP 251 LOAD FACTOR 1.50 BASE SHEAR 3600.87 STEEL FACTOR 1.00
LOAD COND 118

PLASTICITY



LOAD STEP 552

LOAD FACTOR 8.51

BASE SHEAR 3516.07

DEFL. FACTOR 1.00

LOAD COND 775

PLASTICITY



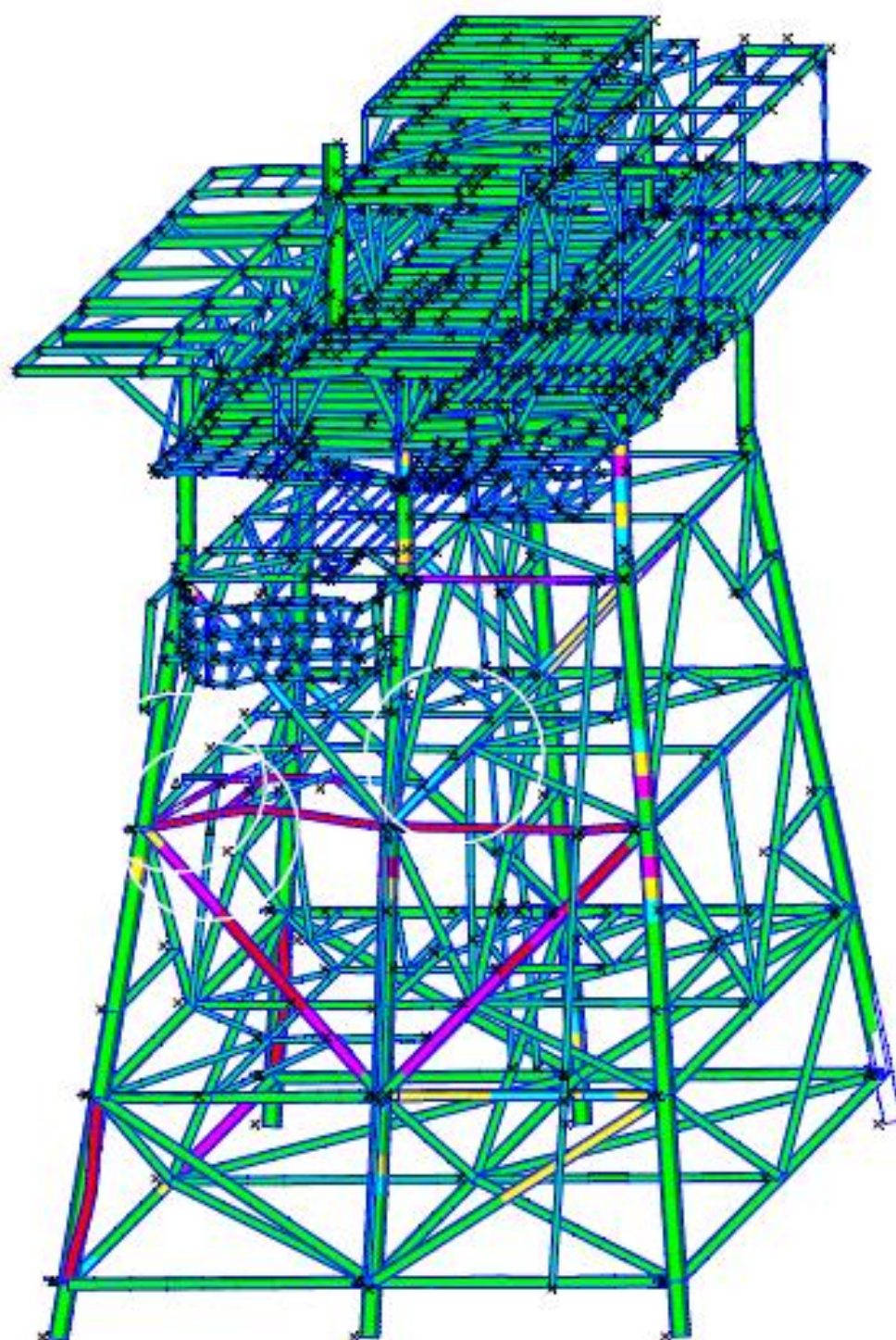
100.0

75.0

50.0

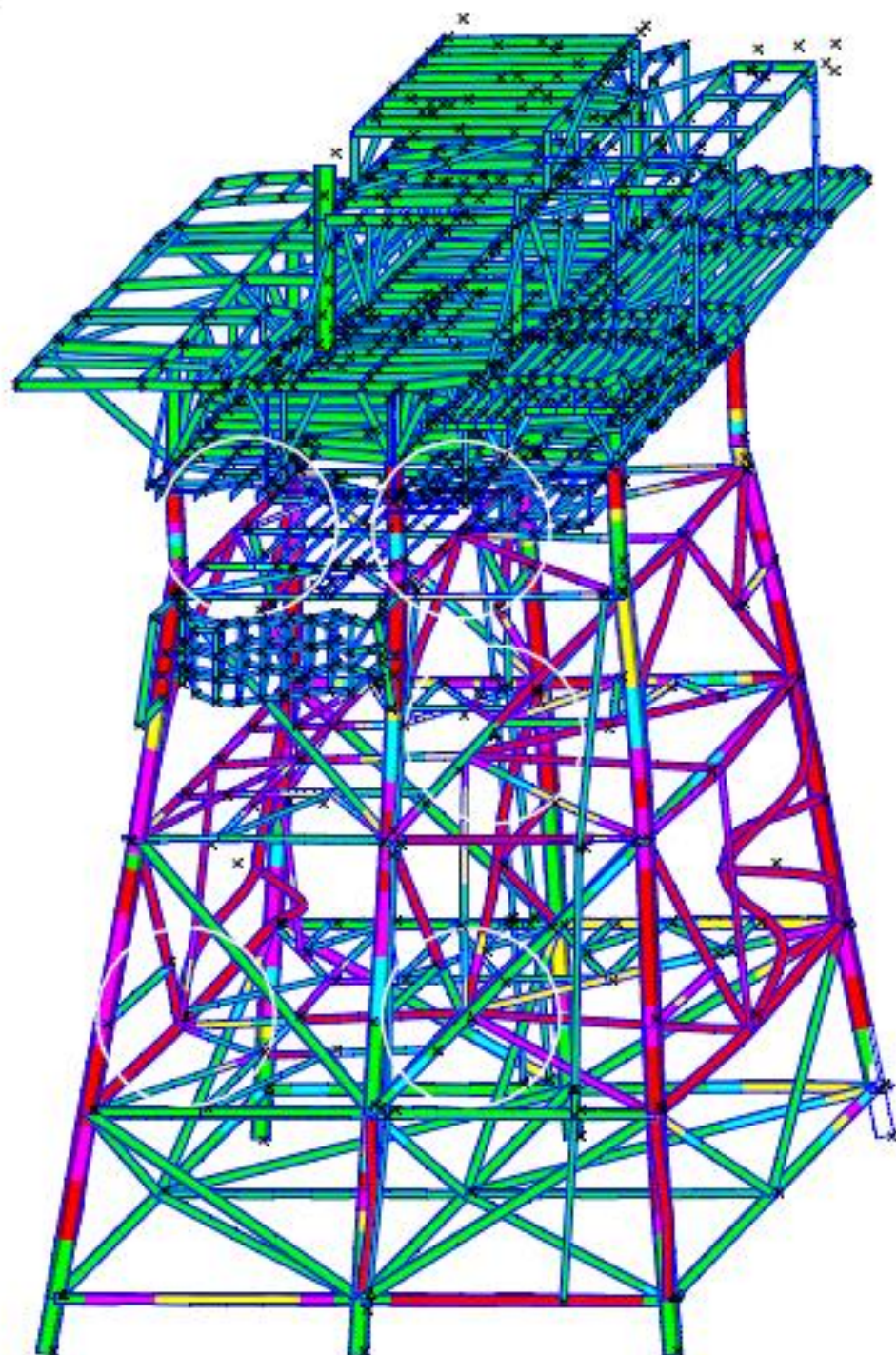
25.0

0.000



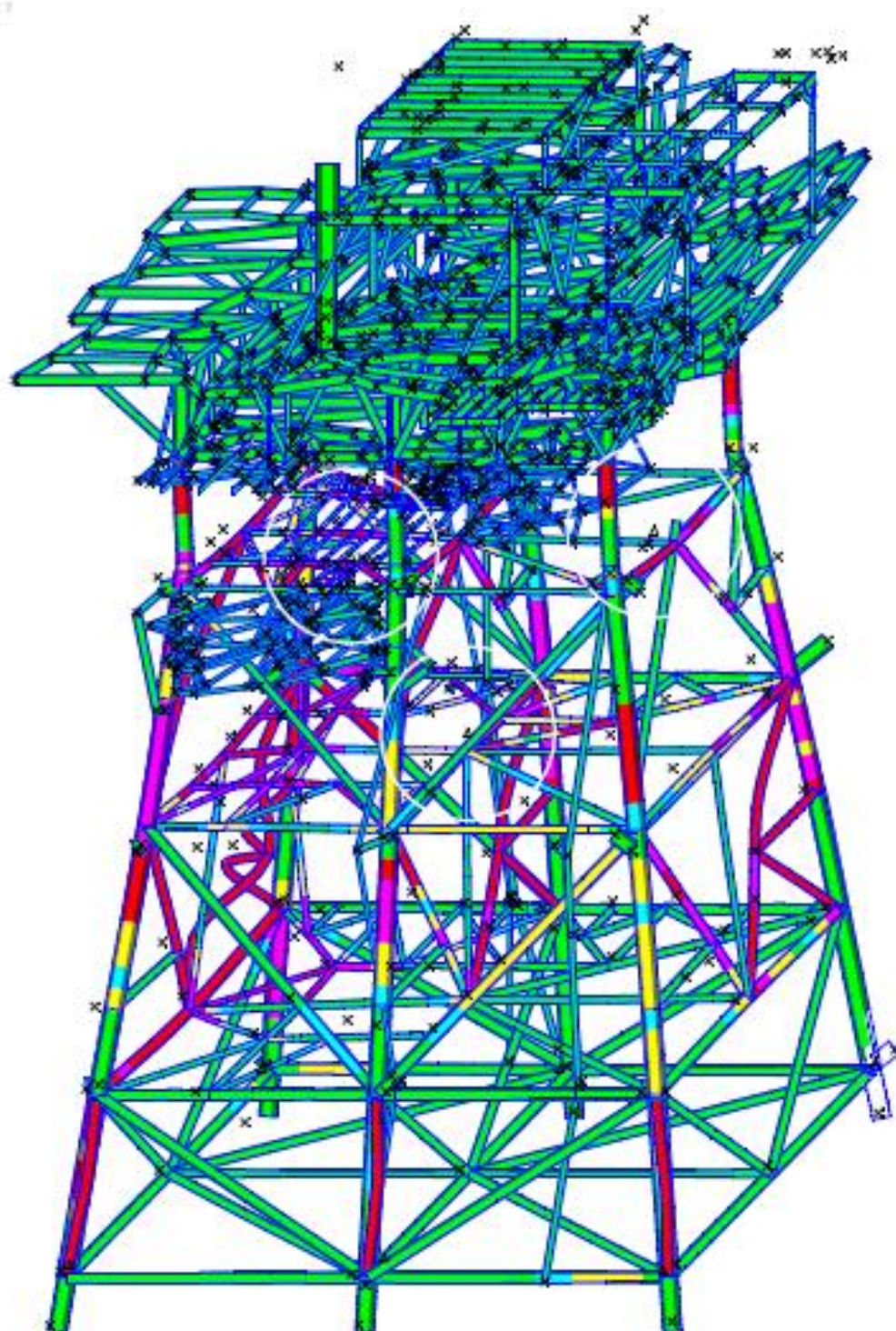
LOAD STEP : 01 LOAD FACTOR : 1.00 BASE SHEAR : 3244.18 DEF. FACTOR : 1.00
LOAD CASE : 116

PLASTICITY



LOAD STEP 19 LOAD FACTOR 1.00 BASE SHEAR 3379.63 DEF. FACTOR 1.00
LOAD COND T17

ELASTICITY



LOAD STEP: 03

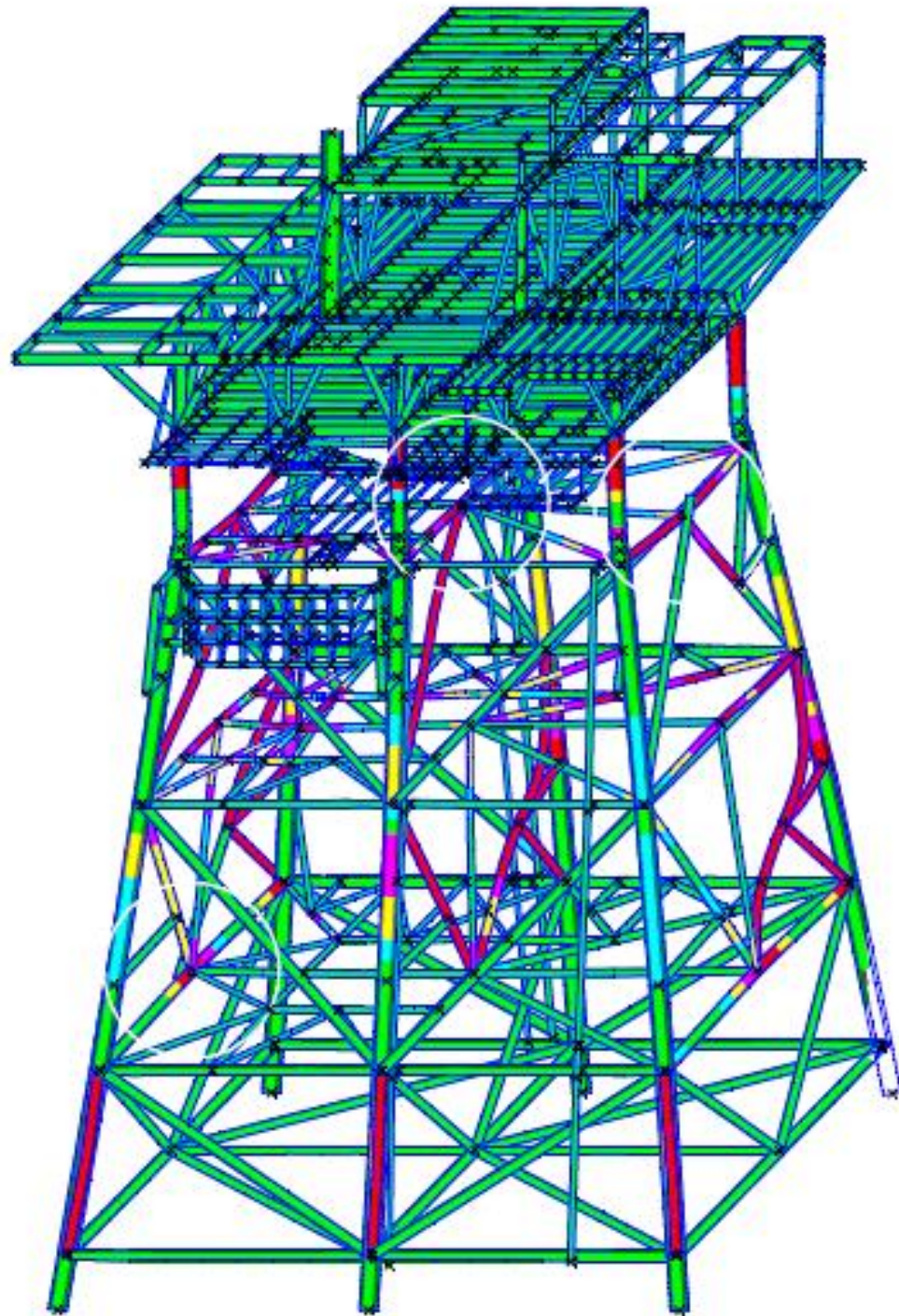
LOAD FACTOR: 1.00

BASE SHEAR: 3125.36

DEFL. FACTOR: 1.00

LOAD COND: 110

ELASTICITY



Lampiran B

SACS COLLAPSE INPUT

Collapse input 0 derajat

```
clpinp.cinta0
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 711 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 56 derajat

```
clpinp.cinta15
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 712 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 90 derajat

```
clpinp.cinta30
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 713 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 123,6 derajat

```
clpinp.cinta45
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 714 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 180 derajat

```
clpinp.cinta5
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 715 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 236,6 derajat

```
clpinp.cinta6
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 716 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 270 Derajat

```
clpinp.cinta7
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 717 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

Collapse input 306,6 Derajat

```
clpinp.cinta8
1 CLPOPT 50 8 20 CN JF JS SFMG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1 J1SMMSPW
3 LDSEQ LDSEQ 718 600 1. 7.
4 GRPELA BL4 CDA CDB CDC SC1 SC2 SC3
5 GRPELA MD6 MD7 MDA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CD7 MD1 MD2 MD3 MD4 MD5
6 GRPELA LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8 LT9
7 END
```

LAMPIRAN C

PROBABILITY OF FAILURE

TIAP ARAH

MEMBER LOADS DIRECTION 0° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
129	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	-1329,04	-112	0,50598	0,49402
134	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-1329,85	-23,1	0,50382	0,49618
134	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1329,12	34,3	0,50026	0,49974
134	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-1329,52	-36	0,49602	0,50398
134	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1329,13	24,9	0,50040	0,49960
140	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-1332,81	5,5	0,50268	0,49732
140	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1331,84	8,2	0,49796	0,50204
140	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-1332,1	-28,7	0,49818	0,50182
140	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1331,86	12,5	0,50046	0,49954
145	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-10,818	7307,5	0,49916	0,50084
145	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1344,16	76	0,49988	0,50012
145	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-11,836	7269,8	0,49966	0,50034
145	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1342,17	-68,4	0,49668	0,50332
150	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-61,678	7768,5	0,49728	0,50272
150	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1351,11	53,5	0,50136	0,49864
150	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-0,744	10428	0,49640	0,50360
150	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1121	427,1	0,49794	0,50206
155	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-53,627	7751,1	0,49878	0,50122
155	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1351,25	50,3	0,49796	0,50204
155	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-165,261	11112	0,50196	0,49804
155	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1131,34	424,7	0,50071	0,49929
160	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-21,15	7552,4	0,50120	0,49880
160	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1352,17	15,1	0,49914	0,50086
160	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	159,215	8244,6	0,50484	0,49516
160	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1350,99	-0,9	0,49750	0,50250
165	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-32,42	7628,2	0,50162	0,49838
165	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1352,65	-16,3	0,50082	0,49918
165	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	145,505	8546,6	0,49750	0,50250
165	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1333,57	-62,3	0,50002	0,49998
170	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-42,951	7297,1	0,50280	0,49720
170	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1352,01	-27,9	0,49903	0,50097
170	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	123,796	8872,9	0,49798	0,50202
170	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1351,61	-1,5	0,50106	0,49894
175	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	93,11	6900,9	0,49706	0,50294
175	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1354,15	-79	0,49996	0,50004
175	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-42,655	941	0,50140	0,49860
175	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1352,29	-2	0,50060	0,49940
180	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	106,895	6284	0,49770	0,50230
180	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1355,13	-113,9	0,49802	0,50198
180	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-133,544	-1743	0,50178	0,49822
180	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1353,42	-2,8	0,50162	0,49838
185	110-101L	A01	0,39	18,71	315,73	634,79	279,42	621,172	-102,4	0,38500	0,61500
185	110-104L	A01	0,42	18,71	-280,18	-541,7	579,92	438,77	-337,8	0,93496	0,06504
185	313-306L	C02	0,49	7,41	213,16	163,09	135,81	663,348	5,2	0,49934	0,50066
185	346-344	C02	0,68	16,84	-234,16	154,87	52	-0,682	-552,8	0,50048	0,49952
185	305L-313	C02	0,54	15,56	-165,26	270,83	191,95	663,907	-0,1	0,50198	0,49802

185	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	111,198	6338,3	0,50080	0,49920
185	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1356,6	-110,1	0,49910	0,50090
185	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	-8,235	-2680	0,50172	0,49828
185	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1354,79	-4,3	0,50178	0,49822
185	401L-302L	VJ4	1,62	18	-252,57	256,41	1578,6	862,102	270,9	0,36614	0,63386
188	110-101L	A01	0,39	14,04	315,73	634,79	279,42	633,54	-50,1	0,48998	0,51002
188	110-104L	A01	0,42	14,04	-280,18	-541,7	579,92	442,146	-200,4	0,41916	0,58084
188	313-306L	C02	0,49	7,41	213,16	163,09	135,81	664,612	44,6	0,36692	0,63308
188	346-344	C02	0,68	16,84	-234,16	154,87	52	156,066	-456,3	0,94124	0,05876
188	304L-346	C02	0,61	4,56	155,64	121,53	783,9	-23,236	-427,6	0,52082	0,47918
188	305L-313	C02	0,54	15,56	-165,26	270,83	191,95	665,518	0,2	0,49884	0,50116
188	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	291,312	6430,1	0,53124	0,46876
188	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1971	-6592,6	1358,26	-151,9	0,50404	0,49596
188	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5026	-12689	3,682	-3088	0,50446	0,49554
188	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6376	10051	1094,3	-954,6	0,48631	0,51369
188	401L-302L	VJ4	1,62	18	-252,57	256,41	1578,6	863,076	-385,9	0,59822	0,40178

seri 1	0,06243	ks	0,7351
seri 2	0,06259		
seri 3	0,06308		
seri 4	0,06338		
seri 5	0,06257		
seri 6	0,06216		
seri 7	0,06250		
seri 8	0,06239		
seri 9	0,06262		
seri 10	0,06261		
seri 11	0,00020		
seri 12	0,00006		

MEMBER LOADS DIRECTION 52,3° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
40	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	-1.329	-0,4	0,5018	0,4982
49	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-1.331	-53,7	0,4976	0,5024
49	106P-206P	PL2	0,7	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.330	23	0,4992	0,5008
58	101P-201P	PL2	1,11	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-1.330	87,2	0,4974	0,5026
58	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.333	-60,4	0,4982	0,5018
67	110-104L	A01	0,82	16,25	-280,18	-541,66	579,92	1.329	-0,1	0,5012	0,4988
67	101P-201P	PL2	0,7	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	258	1031,7	0,5043	0,4957
67	102P-202P	PL2	1,11	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	208	3048,4	0,4987	0,5013
67	105P-205P	PL2	1,04	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.334	-35,7	0,4935	0,5065
67	106P-206P	PL2	0,82	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.126	524,1	0,4986	0,5014
76	110-104L	A01	0,7	16,25	-280,18	-541,66	579,92	1.307	-90,3	0,5375	0,4625
76	101P-201P	PL2	1,11	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	267	975,4	0,5015	0,4985
76	102P-202P	PL2	1,04	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	215	2994,2	0,4951	0,5049
76	105P-205P	PL2	0,82	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.335	-12,4	0,4955	0,5045
76	106P-206P	PL2	0,7	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.350	-1,4	0,5028	0,4972
85	110-104L	A01	1,11	16,25	-280,18	-541,66	579,92	1.329	-95,4	0,5070	0,4930
85	101P-201P	PL2	1,04	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	208	1660,5	0,5009	0,4991
85	102P-202P	PL2	0,82	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	192	3207,5	0,4953	0,5047
85	105P-205P	PL2	0,7	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.336	2	0,5004	0,4996
85	106P-206P	PL2	1,11	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.347	-192,8	0,5029	0,4971
94	110-104L	A01	1,04	16,25	-280,18	-541,66	579,92	1.330	-90,7	0,5352	0,4649
94	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	170	2090,8	0,4988	0,5012
94	102P-202P	PL2	0,7	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	185	3297,3	0,4970	0,5030
94	105P-205P	PL2	1,11	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.338	3	0,4981	0,5019
94	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.328	-113,8	0,4964	0,5036
103	110-104L	A01	0,82	16,25	-280,18	-541,66	579,92	-334	-237,1	0,5074	0,4926
103	101P-201P	PL2	0,7	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-127	5553,6	0,4972	0,5028
103	102P-202P	PL2	1,11	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	84	4149	0,5048	0,4952
103	105P-205P	PL2	1,04	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.339	5,8	0,4971	0,5029
103	106P-206P	PL2	0,82	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.356	-300,1	0,5033	0,4967
112	110-104L	A01	0,7	16,25	-280,18	-541,66	579,92	-385	-352,9	0,9289	0,0711
112	101P-201P	PL2	1,11	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-89	5129,1	0,4976	0,5024
112	102P-202P	PL2	1,04	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	119	3965,9	0,5024	0,4976
112	105P-205P	PL2	0,82	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.329	88,6	0,4980	0,5020
112	106P-206P	PL2	0,7	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.195	1140,6	0,4837	0,5163
121	110-101L	a01	1,11	16,25	315,73	634,79	279,42	-676	4887,8	0,0196	0,9804
121	110-104L	A01	1,04	16,25	-280,18	-541,66	579,92	-704	735,5	0,6709	0,3291
121	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-704	735,5	0,4841	0,5159
121	102P-202P	PL2	0,7	16,25	-1708,1	-7038,2	-962,7	-88	5304,5	0,5025	0,4975
121	105P-205P	PL2	1,11	16,25	-2111,5	-13220	-1680	1.343	6,3	0,5019	0,4981
121	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.363	-141,1	0,4982	0,5018
130	110-101L	a01	0,39	18,71	315,73	634,79	279,42	-644	536,8	0,8969	0,1031
130	110-104L	A01	0,42	18,71	-280,18	-541,66	579,92	-580	-218	0,6158	0,3842
130	101P-201P	PL2	0,49	7,41	-1835,4	-2631	6267,5	-287	5784	0,5297	0,4703
130	102P-202P	PL2	0,68	16,84	-1708,1	-7038,2	-962,7	-129	5667,8	0,5015	0,4985
130	105P-205P	PL2	0,54	15,56	-2111,5	-13220	-1680	1.347	-43,2	0,4974	0,5026

130	106P-206P	PL2	0,82	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1.371	-63,5	0,5030	0,4970
135	110-101L	A01	0,7	16,25	315,73	634,79	279,42	655,266	-3824	0,0316	0,9684
135	110-104L	A01	1,11	16,25	-280,18	-541,66	579,92	420,148	1100,5	0,7109	0,2891
135	101L-201L	LG1	0,08	16,25	-29	1426,5	-1277	-339,480	775,3	0,9694	0,0306
135	227- 215	B03	0,06	18	4	132,76	0,017	664,944	0,2	0,4992	0,5008
135	101L-102L	LG1	0,33	14,04	-178,95	-615,53	-283,8	-1.387,423	11904	0,0000	1,0000
135	101P-201P	PL2	0,42	14,04	-1835,4	-2631	6267,5	-1.086,585	1512,6	0,3322	0,6678
135	102P-202P	PL2	0,49	7,41	-1708,1	-7038,2	-962,7	-132,202	7492,3	0,4978	0,5022
135	105P-205P	PL2	0,68	16,84	-2111,5	-13220	-1680	1.349,216	15,6	0,5017	0,4983
135	106P-206P	PL2	0,61	4,56	-2053,3	-6375,9	10051	1.379,376	31,3	0,4990	0,5010

seri 1	0,49822	ks	0,88473
seri 2	0,25158	pofs	0,11527
seri 3	0,25220		
seri 4	0,03148		
seri 5	0,02919		
seri 6	0,03084		
seri 7	0,02962		
seri 8	0,03064		
seri 9	0,00461		
seri 10	0,04124		
seri 11	0,00000		

MEMBER LOADS DIRECTION 90° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROU P ID	MAXIM UM COMBIN ED UC	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
1	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	-1329,262	-111,8	0,5002	0,4998
2	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	-1332,302	-204,6	0,4986	0,5014
2	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	-1329,773	-278,1	0,4995	0,5005
2	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1329,318	85,5	0,5000	0,5000
2	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1331,895	-0,2	0,5026	0,4974
3	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	-81,822	1454,1	0,5021	0,4979
3	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	-30,879	1281,6	0,4983	0,5017
3	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-32,648	2241,4	0,4959	0,5041
3	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1334,983	-58,7	0,5030	0,4970
3	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1341,506	0,9	0,5042	0,4958
4	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	94,117	1200,2	0,5034	0,4966
4	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	250,164	-5295,3	0,5240	0,4760
4	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	282,89	3234,9	0,5441	0,4559
4	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	1336,975	0,2	0,4975	0,5025
4	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1338,984	1,9	0,5008	0,4992
4	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1284,173	231,2	0,4996	0,5004
5	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	107,027	1186	0,5017	0,4983
5	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	213,167	-4951	0,5041	0,4959
5	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	269,606	2798,8	0,5440	0,4560
5	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	1341,754	-7,1	0,4985	0,5015
5	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1343,989	-14,7	0,4980	0,5020
5	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1346,613	-0,2	0,4970	0,5030
6	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	117,354	1207,9	0,5040	0,4960
6	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	232,619	-4923,7	0,5146	0,4854
6	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	297,899	2716	0,5516	0,4484
6	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	1347,572	-20,4	0,5018	0,4982
6	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1349,206	-40,2	0,5007	0,4993
6	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1353,847	-26,1	0,4983	0,5017
7	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-207,282	-316,7	0,5013	0,4987
7	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	319,721	5552,4	0,5168	0,4832
7	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	143,756	3465,2	0,4977	0,5023
7	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1304,477	-7,2	0,4987	0,5013
7	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1064,419	3082,5	0,3780	0,6220
7	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1121,458	1643,7	0,5885	0,4115
8	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-212,705	-323,4	0,5009	0,4991
8	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	310,598	5610	0,5190	0,4810
8	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	141,509	3505,9	0,4984	0,5016
8	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1363,353	615,3	0,4965	0,5035
8	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1370,934	399,9	0,4980	0,5020
8	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1374,331	30,8	0,5005	0,4995
9	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	154,93	1178,5	0,4971	0,5029
9	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	330,022	-5178,2	0,5126	0,4874
9	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	365,577	2706,6	0,5232	0,4768
9	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	1368,123	-24,6	0,4994	0,5006
9	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1078,329	2462,4	0,4964	0,5036
9	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1381,444	69,6	0,4979	0,5021
9	411-305L	VJ5	101,74	19,1	-1835,4	-2631	6267,5	819,772	-315,6	0,4971	0,5029
10	413- 411	D02	0,78	0	-308,04	849,29	-64,11	237,246	2472,7	0,9119	0,0881

10	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	325,026	-9152,1	0,4992	0,5008
10	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	955,188	-7932	0,8350	0,1650
10	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	307,552	4311,6	0,50765	0,4924
10	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	802,419	-4362,6	0,3544	0,6456
10	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	714,851	6936,6	0,30457	0,6954
10	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1406,852	22,8	0,50	0,5007
10	0000- 333	VJ	0,7	0,1	504,98	-236,68	-67.736	361,991	-3418,5	0,50	0,4998
10	0002- 335	VJ	0,7	0,08	510,78	-240,26	3488	55,492	-2759,4	0,50	0,4999
10	301L- 234	VJ0	0,72	14,78	-452,4	487,87	-214,78	1107,559	0,5	0,50	0,5011
10	302L- 242	VJ0	0,82	14,7	-515,12	603,93	-78709	993,689	852,7	0,50	0,4985
10	410-304L	VJ5	101,69	29,5	-615,32	1419,3	-265,6	648,338	315,8	0,31	0,6924
10	412-306L	VJ5	101,66	29,5	-609,23	1358,3	-37163	994,886	1,2	0,50	0,4984
10	410-0000	VJ6	0,97	21,47	614,26	-277,04	-100,8	384,355	-874,4	0,9381	0,0619
10	412-0002	VJ6	0,95	24,97	607,64	-258,07	18767	-839,578	427,3	0,50	0,5022
10	333-301L	VJ7	0,68	13,14	414,22	270,01	60759	-8,541	602,2	0,49614	0,5039
10	335-303L	V7	0,7	19,57	428,81	261,89	-90856	-95,638	396,9	0,49958	0,5004
10	332- 333	VJ8	0,54	2,85	156,38	192,21	-614,18	-152,269	-1050,7	0,91086	0,0891
10	334- 335	VJ8	0,49	0	175,09	-420,33	-31433	-25,298	-730,1	0,49822	0,5018
10	401L-0000	VJ8	0,82	11,38	-195,54	1030,2	-371,4	559,664	1325,5	0,27779	0,7222
10	403L-0002	VJ8	0,72	14,23	-173,92	926,8	266,99	507,212	262,6	0,69494	0,3051

seri 1	0,49981	ks	0,78882
seri 2	0,06242	pofs	0,21118
seri 3	0,03103		
seri 4	0,01353		
seri 5	0,01427		
seri 6	0,01347		
seri 7	0,01553		
seri 8	0,01520		
seri 9	0,00744		
seri 10	1,E-09		

MEMBER LOADS DIRECTION 126,6° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIM UM COMBIN	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
1	103P-203P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	-1329,159	-0,3	0,501	0,499
2	103P-203P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	-1330,208	-110,8	0,499	0,501
2	104P-204P	PL2	0,78	20	-1708,1	-7038,2	-962,69	1329,422	9,4	0,498	0,502
3	102P-202P	PL2	1,1	23,54	-2111,5	-13220	-1679,6	-1329,412	-2	0,502	0,498
3	103P-203P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	-1333,415	-429,9	0,497	0,503
3	104P-204P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	1332,364	0,2	0,500	0,500
4	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	519,698	-3553,2	0,374	0,626
4	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	330,434	1112,3	0,485	0,515
4	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-21,091	6969,2	0,500	0,500
4	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	649,726	72,9	0,502	0,498
4	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1337,738	2,2	0,500	0,500
4	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1333,939	0,5	0,498	0,502
5	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-113,938	8778,9	0,507	0,493
5	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	92,144	7988,6	0,500	0,500
5	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-123,69	5955,4	0,500	0,500
5	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	780,512	-402,5	0,502	0,498
5	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1336,885	78,1	0,501	0,499
5	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1335,729	-58,7	0,501	0,499
6	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	123,492	7096	0,497	0,503
6	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	185,325	7510,4	0,499	0,501
6	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-518,27	1943,3	0,463	0,537
6	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	870,655	-289	0,502	0,498
6	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1340,862	87,1	0,502	0,498
6	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1337,554	-38,1	0,501	0,499
7	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-6,757	2294,1	0,501	0,499
7	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	291,528	6381,6	0,525	0,475
7	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	147,378	-34279,1	0,500	0,500
7	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	901,716	-278,8	0,499	0,501
7	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1341,349	62,2	0,498	0,502
7	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1333,563	8,7	0,500	0,500
8	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-165,971	-10820	0,499	0,501
8	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	324,55	5458,2	0,515	0,485
8	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	147,293	-34258,6	0,501	0,499
8	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1079,916	-325,2	0,502	0,498
8	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1342,601	44	0,494	0,506
8	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1091,27	364,7	0,497	0,503
9	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-160,82	-10858	0,500	0,500
9	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	318,925	5468,2	0,517	0,483
9	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	234,877	-7665,8	0,527	0,473
9	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1345,797	36,8	0,499	0,501
9	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1344,165	27,4	0,504	0,496
9	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1339,768	2,6	0,499	0,501
10	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-135,794	-11021,8	0,502	0,498
10	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	281,666	5531,1	0,535	0,465
10	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	118,883	-34714,9	0,499	0,501
10	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1351,582	-4,4	0,499	0,501
10	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1348,776	93,4	0,500	0,500
10	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1273,074	-414,7	0,502	0,498
11	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	-130,527	-11037,3	0,502	0,498
11	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	264,698	5772,2	0,528	0,472
11	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	99,314	-34575,5	0,497	0,503
11	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1357,912	-12,1	0,501	0,499
11	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1094,829	2608,5	0,464	0,536
11	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1351,691	-46,6	0,498	0,502
12	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6.268	-312,456	7690,1	0,518	0,482
12	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	193,707	6139,5	0,503	0,497
12	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	430,239	-36788,4	0,439	0,561
12	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	1365,638	-19,7	0,503	0,497
12	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1340,401	284,4	0,501	0,499

12	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1337,539	-110,3	0,503	0,497
13	101P-201P	PL2	0,82	16,25	-1835,4	-2631	6267,5	2243,487	-116873	0,278	0,722
13	102P-202P	PL2	0,78	16,12	-1708,1	-7038,2	-962,69	225,015	5914,6	0,515	0,485
13	103P-203P	PL2	0,7	16,25	-1492,6	-1970,7	-6592,6	495,335	-37353,6	0,544	0,456
13	104P-204P	PL2	1,11	16,25	-2121,4	-5025,5	-12689	889,188	2639,2	0,561	0,439
13	105P-205P	PL2	1,1	16,12	-2111,5	-13220	-1679,6	1382,329	45,5	0,502	0,498
13	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	1373,883	136,7	0,500	0,501
13	201P-301P	PL3	0,82	23,61	-195,54	1030,2	-371,4	-240,92	-402,9	0,767	0,233
13	301P-401P	PL4	0,72	16,18	-173,92	926,8	266,99	-352,953	911,6	0,746	0,254
13	401P-501L	PL5	0,73	2,22	-1965,5	3598,7	-1113,5	-429,172	2054,7	0,506	0,494
14	601L-1006	DL1	1,45	14	-578,0	28343	-1021,9	207,864	-21380,9	0,354	0,646
14	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	252,761	7434,7	0,515	0,485
14	102P-202P	PL2	0,78	19,83	-1708,1	-7038,2	-962,69	798,702	439	0,500	0,500
14	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	489,558	-3727,5	0,304	0,696
14	104P-204P	PL2	1,11	20	-2121,4	-5025,5	-12689	944,164	137,6	0,499	0,501
14	105P-205P	PL2	1,1	19,83	-2111,5	-13220	-1679,6	1365,136	170,2	0,500	0,500
14	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	1019,659	2025	0,592	0,408
14	201P-301P	PL3	0,75	23,61	-1962,3	1022	-288,07	2453,347	9316,7	0,293	0,707
14	301P-401P	PL4	0,78	21,58	-1842,3	2357,5	-3499,4	2407,047	6869,4	0,729	0,271
14	401P-501L	PL5	0,73	1,59	-1965,5	3598,7	-1113,5	2694,608	-147,5	0,497	0,503
14	0001- 337	VJ	0,72	0	533,6	-203,32	-1,655	-152,614	-768,1	0,420	0,580
14	403L-302L	VJ4	1,49	25	-296,9	753,5	-202,05	863,137	-0,5	0,499	0,501
14	412-306L	VJ5	101,66	29,5	-609,23	1358,3	-37163	990,392	1,2	0,505	0,495
14	411-305L	VJ5	101,74	29,5	-655,35	1308,6	-184,38	985,425	12,5	0,495	0,505
14	410-0000	VJ6	0,97	15,34	614,26	-277,04	-100,8	103,099	-1637,8	0,489	0,511
14	411-0001	VJ6	1	15,24	641,33	-251,51	36,787	57,199	-689,7	0,499	0,501
14	333-301L	VJ7	0,68	22,78	414,22	270,01	60,759	173,403	856,4	0,725	0,275
14	337-302L	VJ7	0,72	16,27	442,76	284,07	0,060052	-102,778	208,8	0,437	0,563
14	332-333	VJ8	0,54	0	156,38	192,21	-614,18	-41,758	-1272	0,374	0,626
14	336-337	VJ8	0,57	0	138,64	223,16	-777,79	7,586	-297,3	0,504	0,496
14	401L-0000	VJ8	0,82	0	-195,54	1030,2	-371,4	102,817	-1863,9	0,853	0,147
14	402L-0001	VJ8	0,72	0	-173,92	926,8	266,99	126,491	-265,6	0,282	0,718

seri 1	0,49855	ks	0,8334037
seri 2	0,25154	pofs	0,1665963
seri 3	0,02010		
seri 4	0,01524		
seri 5	0,01673		
seri 6	0,01492		
seri 7	0,01536		
seri 8	0,01421		
seri 9	0,01449		
seri 10	0,01588		
seri 11	0,01657		
seri 11	0,00051		
seri 12	0,00000		

MEMBER LOADS DIRECTION 180° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXI MUM COMBI NED	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
518	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1328,47	-0,6	0,50072	0,49928
526	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	1328,865	-0,4	0,49944	0,50056
526	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-1329,138	-50,2	0,50109	0,49891
534	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	1329,382	0,1	0,49998	0,50002
534	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-1327,299	-41,1	0,49748	0,50252
542	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	1330,01	-0,3	0,49962	0,50038
542	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	-1330,185	-88	0,49736	0,50264
542	104P-204P	PL2	1,11	19,83	-2121,4	-5025,5	-12689	1329,203	-0,4	0,49974	0,50026
542	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	-1329,22	-80,7	0,50378	0,49622
550	313-306L	C02	0,49	20	213,16	163,09	135,81	25,274	-3234,5	0,51048	0,48952
550	344-305L	C02	0,65	19,83	143,22	-25	945,62	659,284	-9,4	0,50023	0,49977
550	346- 344	C02	0,68	20	-234,16	154,87	52	665,988	0,9	0,50052	0,49948
550	304L- 346	C02	0,82	16,25	155,64	121,53	783,9	-49,811	-1221	0,41584	0,58416
550	305L- 313	C04	0,54	16,12	-165,26	270,83	191,95	1,505	-734,7	0,49847	0,50153
550	313- 317	C05	0,11	16,25	-5	141,53	33	16,792	-988	0,00104	0,99896
550	321- 313	PL2	0,09	16,25	-59	44	64	1338,789	-31,2	0,96000	0,04000
550	101P-201P	PL2	0,82	20	-1835,4	-2631	6267,5	65,542	-1096,5	0,50016	0,49984
550	103P-203P	PL2	0,7	20	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1338,403	-44,3	0,49844	0,50156
550	104P-204P	PL2	1,11	19,83	-2121,4	-5025,5	-12689	46,169	-71,5	0,49971	0,50029
550	106P-206P	PL2	1,04	16,25	-2053,3	-6375,9	10051	-1333,915	-32	0,50038	0,49962
550	304L-205L	VJ2	0,45	5	389,68	-531,44	361,44	-1329,421	-4	0,50130	0,49870

seri 1	0,50	ks	0,736
seri 2	0,24973	pofs	0,264
seri 3	0,25127		
seri 4	0,06243		
seri 5	4,5E-05		

MEMBER LOADS DIRECTION 233,4° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MEMBER MUM COMBI NED	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
1	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1329,046	21,4	0,5004	0,4996
1	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-1329,034	-0,1	0,5018	0,4982
2	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1332,045	0,2	0,4992	0,5008
2	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-1331,89	-0,2	0,4990	0,5010
3	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1347,682	0,6	0,5024	0,4976
3	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-145,2	2577,3	0,5000	0,5000
3	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-11,164	3186,1	0,5020	0,4980
4	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1349,665	-89,8	0,5060	0,4940
4	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1336,999	1,2	0,5026	0,4974
4	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-1251,175	27	0,5006	0,4994
4	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	591,683	-8954,3	0,3483	0,6517
4	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	773,388	-5011,6	0,2780	0,7220
5	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1354,808	-454,2	0,4988	0,5012
5	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1339,785	-265,3	0,5006	0,4994
5	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-1177,499	31,1	0,5000	0,5000
5	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	184,367	2946,3	0,5005	0,4995
5	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	615,675	-5841,9	0,3540	0,6460
6	101P-201P	PL2	0,82	23,75	-1835,4	-2631	6267,5	1246,021	289,8	0,4986	0,5014
6	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1341,28	-538,8	0,4937	0,5063
6	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-1156,477	46,7	0,4997	0,5003
6	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	325,244	1951,9	0,5007	0,4993
6	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	982,009	-7617,6	0,4969	0,5031
7	323-303L	C02	0,15	15,3	10,714	267,04	-186,21	-24,852	3132,4	0,4997	0,5003
7	325-303L	C05	0,11	13	20,126	47,28	-35	-43,089	1027,8	0,4992	0,5008
7	404L-410	D01	0,79	5	236,9	-1991,9	-590,98	118,39	-5335,6	0,8526	0,1474
7	436-403L	D02	0,87	2,1	-342,56	939,4	-173,27	-1,457	5343,3	0,5018	0,4982
7	467-402L	D02	1,02	2,1	-402,71	1102,7	-18	-55,833	4000,5	0,5181	0,4819
7	405L-413	D02		0	288,81	-2050,1	-362,58	44,191	212,3	0,5017	0,4983
7	402L- 474	D04	0,31	0	-80	-447,03	-65	33,132	1152,5	0,7048	0,2952
7	403L- 445	D04	0,26	0	-54	-192,74	19	-28,597	992	0,9007	0,0993
7	404L- 411	D05	0,5	46,5	-38	-208,8	-604,66	11,879	1123,8	0,4186	0,5814
7	436-439	D07	0,3	0	-32	-48	-72	-0,046	323,6	0,4995	0,5005
7	606L-1001	DL1	1,45	20,3	-577,95	28343	-1021,9	-242,347	20631	0,4401	0,5599
7	101P-201P	PL2	0,82	0	-1835,4	-2631	6267,5	1362,128	-370,2	0,4995	0,5005
7	102P-202P	PL2	0,78	0	-1708,1	-7038,2	-962,69	1343,43	-649,2	0,5152	0,4848
7	103P-203P	PL2	0,7	0	-1492,6	-1970,7	-6592,6	934,613	-1224,8	0,4658	0,5342
7	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-25,428	245	0,5006	0,4994
7	105P-205P	PL2	1,1	0	-2111,5	-13220	-1679,6	-85,122	4086,8	0,4977	0,5023
7	106P-206P	PL2	1,04	0	-2053,3	-6375,9	10051	1033,504	-5801,5	0,5166	0,4834
7	242-211	VJ0	0,73	0	-526,26	257,3	42	-160,768	-484,4	0,4122	0,5878
7	301L-234	VJ0	0,72	0	-452,4	487,87	-214,78	-85,403	-6208,7	0,4443	0,5557
7	302L-242	VJ0	0,82	0	-515,12	603,93	-78,709	-10,558	1373,5	0,5013	0,4987
7	303L-238	VJ0	0,73	0	-467,5	471,37	131,54	-2,991	815,9	0,5002	0,4998
7	304L-236	VJ0	0,58	37,2	461,06	-237,46	-148,34	1102,051	-113,2	0,9523	0,0477
7	237-238	VJ1	0,15	0	11,44	-71	413,42	57,979	1481,3	0,0001	0,9999
7	238-203L	VJ1	0,1	30	-11	-51	-247,19	355,594	2983,1	0,0000	1,0000
7	241-242	VJ1	0,15	0	-0,90305	11	460,7	72,256	851,3	0,0008	0,9992
7	242-202L	VJ1	0,1	29,9	0,69294	29	-309,36	102,68	269,6	0,1568	0,8432
7	410-304L	VJ5	101,69	51,1	-615,32	1419,3	-265,6	104,787	1425,6	0,5229	0,4771
7	411-305L	VJ5	101,74	50,9	-655,35	1308,6	-184,38	74,227	5056,7	0,5032	0,4968
7	412-306L	VJ5	101,66	51,1	-609,23	1358,3	-37,163	-68,88	-2629,3	0,4955	0,5045

seri 1	0,248880792	ks	0,5684774
seri 2	0,250870745	pofs	0,4315226
seri 3	0,123907423		
seri 4	0,057737508		
seri 5	0,040386141		
seri 6	0,03190163		
seri 7	1,29803E-10		

MEMBER LOADS DIRECTION 270° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
1	106P-206P	PL2	1,04	20	-2053,3	-6375,9	10051	-1329,279	-124,6	0,50598	0,49402
2	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1334,155	-5,3	0,50382	0,49618
2	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1332,278	-12,9	0,50026	0,49974
2	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-1289,184	266,3	0,49602	0,50398
2	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-1332,27	-488,2	0,50040	0,49960
2	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-1330,4	-1575,9	0,50268	0,49732
3	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1327,688	126,7	0,49796	0,50204
3	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1341,306	334,8	0,49818	0,50182
3	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1338,384	-5,6	0,50046	0,49954
3	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-623,034	2751,8	0,49916	0,50084
3	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-232,612	-2622,9	0,50028	0,49972
3	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	111,521	-9860,6	0,49798	0,50202
4	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1319,506	236,7	0,49792	0,50208
4	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1347,674	28	0,50106	0,49894
4	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1345,756	3,9	0,49888	0,50112
4	104P-204P	PL2	1,11	5	-2121,4	-5025,5	-12689	-502,424	4437,9	0,55852	0,44148
4	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	315,183	-544,4	0,49862	0,50138
4	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	80,18	-9693,8	0,49980	0,50020
5	404L-410	D01	0,79	17,63	236,9	-1991,9	-590,98	76,478	1772	0,33514	0,66486
5	405L-413	D02	1,14	0	288,81	-2050,1	-362,58	123,63	-4037,9	0,70358	0,29642
5	406L-414	D02	1,11	0	287,4	-1796,8	866,51	84,301	-4099,3	0,39418	0,60582
5	405L-419	D04	0,32	3,92	-11,639	-457,5	-64,46	20,293	-1470,1	0,15328	0,84672
5	406L-418	D04	0,32	3,21	-64,802	-187,2	14,848	-4,712	-1440	0,49778	0,50222
5	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1350,215	9,3	0,49952	0,50048
5	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	883,934	-4449,7	0,55788	0,44212
5	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1350,322	13,3	0,50000	0,50000
5	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-454,668	5387,5	0,54992	0,45008
5	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	787,697	1047,2	0,49598	0,50402
5	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	294,706	-6138,6	0,51178	0,48822
5	0001-337	VJ	0,72	0,1	533,62	-203,32	-1,655	646,471	-143,4	0,97884	0,02116
5	242-211	VJ0	0,73	0	-526,26	257,3	42,169	-125,581	-809,4	0,38402	0,61598
5	302L-242	VJ0	0,72	14,7	-452,4	487,87	-214,78	-105,691	2290,5	0,38468	0,61532
5	303L-238	VJ0	0,73	0	-467,5	471,37	131,54	-1099,098	-1848,5	0,02128	0,97872
5	304L-236	VJ0	0,58	23,27	461,06	-237,46	-148,34	1102,737	-0,2	0,49808	0,50192
5	306L-239	VJ0	0,6	18,61	485,45	-220,54	180,11	1103,116	116,6	0,95822	0,04178
5	241-242	VJ1	0,15	18,15	-0,90305	11081	460,7	126,217	905,4	0,51278	0,48722
5	411-305L	VJ5	101,74	3,5	-655,35	1308,6	-184,38	-14,938	3088,3	0,49976	0,50024
5	412-306L	VJ5	101,66	8,7	-609,23	1358,3	-37163	112,672	3873,4	0,50144	0,49856
5	411-0001	VJ6	1	21,34	641,33	-251,51	36787	989,47	-3,3	0,49954	0,50046

seri 1 0,49402 ks 0,524189
 seri 2 0,03105 pofs 0,475811
 seri 3 0,01581
 seri 4 0,0139
 seri 5 6,2E-09

MEMBER LOADS DIRECTION 306,6° DEGREE

LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED LOAD	DIST FROM END(ft)	P kips	My in-kip	Mz in-kip	Pn kips	Mp in-kip	pof	k
1	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-1329,185	-0,4	0,5060	0,4940
2	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1331,679	-6,8	0,5038	0,4962
2	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-1331,506	-233,5	0,5003	0,4997
3	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1329,606	98,7	0,4960	0,5040
3	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1334,079	-77,4	0,4997	0,5003
3	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-1276,2	625	0,4957	0,5043
3	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-1330,61	-226	0,4990	0,5010
4	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1334,205	-20,1	0,4972	0,5028
4	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1338,599	51,6	0,4968	0,5032
4	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	503,243	-395,8	0,4992	0,5008
4	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-58,161	9272,8	0,4977	0,5023
4	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-60,214	8999,7	0,4997	0,5003
4	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-425,311	-6339,9	0,5270	0,4730
5	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1337,102	-37,6	0,4985	0,5015
5	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1340,901	116,9	0,5014	0,4986
5	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1113,493	-971,7	0,5420	0,4580
5	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-255,255	202,2	0,5032	0,4968
5	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	94,522	7956,7	0,4996	0,5004
5	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-137,376	-4061,5	0,5015	0,4985
6	405L-413	D02	1,14	0	288,81	-2050,1	-362,58	117,596	-3165	0,6142	0,3858
6	406L-414	D02	1,11	0	287,4	-1796,8	866,51	104,458	-3136,1	0,5101	0,4899
6	101P-201P	PL2	0,82	5	-1835,4	-2631	6267,5	1217,239	149,9	0,5034	0,4966
6	102P-202P	PL2	0,78	5	-1708,1	-7038,2	-962,69	1279,117	653,6	0,5153	0,4847
6	103P-203P	PL2	0,7	5	-1492,6	-1970,7	-6592,6	1351,921	-14,7	0,4995	0,5005
6	104P-204P	PL2	1,11	0	-2121,4	-5025,5	-12689	-142,235	-828,8	0,5022	0,4978
6	105P-205P	PL2	1,1	5	-2111,5	-13220	-1679,6	-12,076	7988,6	0,4977	0,5023
6	106P-206P	PL2	1,04	5	-2053,3	-6375,9	10051	-598,728	-4066,9	0,4893	0,5107
6	302L-242	VJ0	0,82	0	-515,12	603,93	-79	-1103,228	-467,8	0,8534	0,1466
6	411-305L	VJ5	101,74	50,9	-655,35	1308,6	-184,38	29,635	-4034,9	0,5000	0,5000
6	412-306L	VJ5	101,66	51,1	-609,23	1358,3	-37	-3,655	-3473,2	0,4996	0,5004

seri 1	0,494	ks	0,6541
seri 2	0,248	pofs	0,3459
seri 3	0,0637		
seri 4	0,0151		
seri 5	0,0142		
seri 6	0,0001		

LAMPIRAN D

DATA GENERATOR TANAH

PADA SACS

1	PSIOPT +ZENG	SM		999	PT		490.
2	PLGRUP						
3	PLGRUP PE1	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
4	PLGRUP PE1	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
5	PLGRUP PE1	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
6	PLGRUP PE2	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
7	PLGRUP PE2	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
8	PLGRUP PE2	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
9	PLGRUP PE3	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
10	PLGRUP PE3	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
11	PLGRUP PE3	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
12	PLGRUP PE4	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
13	PLGRUP PE4	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
14	PLGRUP PE4	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
15	PLGRUP PE5	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
16	PLGRUP PE5	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
17	PLGRUP PE5	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
18	PLGRUP PE6	36.	1.	29.	11.6	36.	82.
19	PLGRUP PE6	36.	0.75	29.	11.6	36.	115.
20	PLGRUP PE6	36.	1.	29.	11.6	36.	5.
21	*						
22	FILE						
23	FILE 101P201P PE1						SOL1 SOL1
24	FILE 102P202P PE2						SOL1 SOL1
25	FILE 103P203P PE3						SOL1 SOL1
26	FILE 104P204P PE4						SOL1 SOL1
27	FILE 105P205P PE5						SOL1 SOL1
28	FILE 106P206P PE6						SOL1 SOL1
29	*						
30	SOIL						
31	SOIL TZAPI HEAD 24				SOL1C-P1 SOIL DATA	ICP	
32	SOIL API AXL1SLOC 3.000		CLAY	1.000	51.111		
33	SOIL API AXL1SLOC 21.053		CLAY	2.777	51.111		
34	SOIL API AXL1SLOC 21.054		CLAY	4.000	58.888		
35	SOIL API AXL1SLOC 25.000		CLAY	4.000	55.560		
36	SOIL API AXL1SLOC 25.001		CLAY	2.444	55.560		
37	SOIL API AXL1SLOC 42.100		CLAY	2.778	48.889		
38	SOIL API AXL1SLOC 57.100		CLAY	3.000	40.000		
39	SOIL API AXL1SLOC 73.680		CLAY	2.611	50.000		
40	SOIL API AXL1SLOC 73.681		SNSL	0.700	100.050.000	25.0	20.0
41	SOIL API AXL1SLOC 100.00		SNSL	0.700	100.050.000	25.0	20.0
42	SOIL API AXL1SLOC 100.01		SNSL	0.700	100.060.000	25.0	20.0
43	SOIL API AXL1SLOC 100.02		SAND	0.700	200.060.000	30.0	40.0
44	SOIL API AXL1SLOC 110.53		SAND	0.700	200.060.000	30.0	40.0
45	SOIL API AXL1SLOC 110.54		CLAY	3.000	30.000		
46	SOIL API AXL1SLOC 152.63		CLAY	3.000	50.000		
47	SOIL API AXL1SLOC 152.64		SNSL	0.700	100.050.000	25.0	20.0
48	SOIL API AXL1SLOC 168.42		SNSL	0.700	100.050.000	25.0	20.0
49	SOIL API AXL1SLOC 168.43		SNSL	0.700	100.045.000	25.0	20.0
50	SOIL API AXL1SLOC 168.44		CLAY	2.444	45.556		
51	SOIL API AXL1SLOC 210.53		CLAY	2.444	37.778		
52	SOIL API AXL1SLOC 210.54		CLAY	2.889	37.778		
53	SOIL API AXL1SLOC 231.58		CLAY	2.889	34.444		
54	SOIL API AXL1SLOC 231.59		CLAY	3.444	34.444		
55	SOIL API AXL1SLOC 300.00		CLAY	3.444	50.000		
56	SOIL TORSION HEAD			1000.SOL1			
57	SOIL LATERAL HEAD 10 17YEXP36.000			SOL1			
58	SOIL P-Y SLOCSM 8			2.999.001			
59	SOIL P-Y						
60	SOIL P-Y SLOCSM 8		3.000	.001			
61	SOIL P-Y			243.0	0.01	330.0	0.03
62	SOIL P-Y		824.0	0.43	192.0	6.48	192.0
63	SOIL P-Y SLOCSM 8		7.000	.001			
64	SOIL P-Y			690.0	0.02	937.0	0.05

65	SOIL	P-Y	2242.0	0.721442.0	10.801442.0	21.60		
66	SOIL P-Y	SLOCSM	8 20.000	.001				
67	SOIL	P-Y		972.0	0.011320.0	0.031791.0	0.072431.0	0.19
68	SOIL	P-Y	3300.0	0.471979.0	7.021979.0	14.00		
69	SOIL P-Y	SLOCSM	8 20.083	.001				
70	SOIL	P-Y		1077.0	0.011462.0	0.041984.0	0.092693.0	0.23
71	SOIL	P-Y	3655.0	0.582625.0	8.642625.0	17.30		
72	SOIL P-Y	SLOCSM	8 24.000	.001				
73	SOIL	P-Y		666.0	0.01 904.0	0.041227.0	0.091665.0	0.23
74	SOIL	P-Y	2259.0	0.581706.0	8.641706.0	17.30		
75	SOIL P-Y	SLOCSM	8 24.083	.001				
76	SOIL	P-Y		860.0	0.0011167.0	0.0031583.0	0.0072149.0	0.02
77	SOIL	P-Y	2917.0	0.042917.0	0.652917.0	1.30		
78	SOIL P-Y	SLOCSM	8 27.000	.001				
79	SOIL	P-Y		928.0	0.011260.0	0.021710.0	0.052321.0	0.12
80	SOIL	P-Y	3150.0	0.293150.0	4.323150.0	8.64		
81	SOIL P-Y	SLOCSM	8 40.000	.001				
82	SOIL	P-Y		1293.0	0.011755.0	0.022382.0	0.053233.0	0.12
83	SOIL	P-Y	4388.0	0.294388.0	4.324388.0	8.64		
84	SOIL P-Y	SLOCSM	8 40.083	.001				
85	SOIL	P-Y		862.0	0.011170.0	0.021588.0	0.052155.0	0.12
86	SOIL	P-Y	2925.0	0.292925.0	4.322925.0	8.64		
87	END							
88								

BIODATA PENULIS



Raden Vidi Trysatria lahir di Jakarta pada tanggal 17 November 1994. Penulis lahir dari orang tua R. H. Lukman Hakim dan Endang Suharti. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari Tk. Kuncup bunga lulus tahun 2000 melanjutkan ke SDPN Sabang lulus tahun 2006 lalu ke SMP Darul Hikmah lulus tahun 2009 kemudian ke SMAN 2 Bandung lulus tahun 2012 dan dilanjutkan ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember di departemen jurusan teknik kelautan lulus tahun 2017.

Penulis juga aktif dalam kegiatan mahasiswa menjadi anggota panduan suara mahasiswa di tahun 2013, kemudian kegiatan organisasi mahasiswa menjadi staff ahli departemen minat dan bakat di himpunan mahasiswa teknik kelautan tahun 2014. Pengalaman kepanitiaan juga pernah dilakukan seperti ITS Expo pada tahun 2013. Pengalaman kerja yang pernah dilakukan adalah kerja praktek di PT. Marindotek pada tahun 2015 selama 2 bulan dan pengalaman di PLN pada tahun 2016 selama 2 bulan.

Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tulisan tugas akhir **Analisis Keruntuhan Berbasis Resiko terhadap Struktur Cinta-P Platform**

Contact : viditry@gmail.com